

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. Mai 2003 (15.05.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/039899 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: B60K

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/12202

(22) Internationales Anmeldedatum:
31. Oktober 2002 (31.10.2002)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
101 53 837.5 5. November 2001 (05.11.2001) DE
101 57 622.6 26. November 2001 (26.11.2001) DE
102 06 102.5 13. Februar 2002 (13.02.2002) DE
102 19 674.5 2. Mai 2002 (02.05.2002) DE
102 50 456.3 30. Oktober 2002 (30.10.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG [DE/DE]; Patente & Lizenzen, Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt/M. (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RITTER, Wolfgang [DE/DE]; Burgstrasse 12, 61440 Oberursel/Ts. (DE).
VON HAYN, Holger [DE/DE]; Friedensstrasse 8a, 61118 Bad Vilbel (DE). SCHONLAU, Jürgen [DE/DE];

Mühlstrasse 62b, 65396 Walluf (DE). QUEISSER, Torsten [DE/DE]; Dietrichstrasse 2, 60439 Frankfurt (DE). KLIMES, Milan [DE/DE]; Hahnheimer Strasse 14, 55270 Zornheim (DE). RÜFFER, Manfred [DE/DE]; Grüner Weg 3, 65843 Sulzbach (DE). HAVERKAMP, Martin [DE/DE]; Comeniusstrasse 8, 60389 Frankfurt (DE). GÖRLACH, Johannes [DE/DE]; Eichenring 4, 35428 Langgöns (DE). KROLL, Wolfgang [DE/DE]; Oskar-Meyrer-Str. 26, 65719 Hofheim (DE). SCHIEL, Lothar [DE/DE]; An der Tann 16, 65719 Hofheim (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG; Patente & Lizenzen, Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt/M. (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: DEVICE WITH ADDITIONAL RESTORING FORCE ON THE GAS PEDAL BASED ON THE DEVIATION OF A VEHICLE PARAMETER FROM THE SET VALUE

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG MIT ZUSÄTZLICHER RÜCKSTELLKRAFT AM GASPEDAL IN ABHÄNGIGKEIT VON DER SOLLWERT - ABWEICHUNG EINES FAHRZEUGPARAMETERS

(57) Abstract: The idea exists of applying a counter force, which opposes the actuated force, onto the gas pedal (7) of a vehicle in the event the vehicle, with regard to a vehicle parameter, sufficiently deviates from the set value. The parameter can be the speed or the measured distance from vehicles driving ahead. The invention provides a series of embodiments that easily and reliably fulfill the defined conditions for applying the counter force to the pedal.

(57) Zusammenfassung: Es ist bereits bekannt auf ein Gaspedal (7) eines Fahrzeugs eine der betätigten Kraft entgegenstehende Gegenkraft aufzubringen, falls das Fahrzeug hinsichtlich eines Fahrzeug-Parameters hinreichend von dem Sollwert abweicht. Dabei kann es sich bei den Parameter um die Geschwindigkeit oder um den gemessenen Abstand zu vorausfahrenden Fahrzeugen handeln. Die vorliegende Erfindung schlägt eine Reihe von Ausführungsformen vor die die gestellten Bedingungen zum Aufbringen der Gegenkraft auf das Pedal besonders einfach und zuverlässig erfüllen.

WO 03/039899 A2

Vorrichtung mit zusätzlicher Rückstellkraft am Gaspedal in Abhängigkeit von der Sollwert-Abweichung eines Fahrzeugparameters

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Steuerung eines Parameters eines Kraftfahrzeuges (beispielsweise der Geschwindigkeit eines Fahrzeugs) welche ein als Pedal ausgestaltetes Steuerorgan aufweist. Über das Steuerorgan beispielsweise das Gas-Pedal (oder Bremspedal) wird in die Zufuhr von Treibstoff zu dem Motor und damit die Fahrgeschwindigkeit des Fahrzeugs gesteuert (oder über die Aktivierung des Bremssystems die Geschwindigkeit reduziert). Für eine sichere und vorschriftsmäßige Fahrweise eines Fahrzeugs ist die Einhaltung einer geeigneten und/oder vorgeschriebenen Geschwindigkeit sehr wichtig. Um die augenblickliche Geschwindigkeit eines Fahrzeugs zu erkennen, muß der Fahrer bei den bekannten Anzeigen diese an einem Tachometer ablesen. Während der Zeit, in der der Fahrer dieses Meßinstrument abliest und das Ergebnis bewertet ist es ihm nur bedingt möglich auf den Verkehr zu achten.

Bei der Gestaltung eines Anzeigesystems insbesondere der Fahrgeschwindigkeit eines Fahrzeugs ist somit darauf zu achten, daß die Ablesung einerseits und die Durchführung der eigentlichen Fahrer-aufgabe (Einhaltung des Kurses, der Geschwindigkeit und des Abstandes zu anderen Fahrzeugen) sich möglichst wenig gegenseitig behindern. Hierzu sollten Warnanzeigen beispielsweise hinsichtlich einer zu großen Geschwindigkeit, so auffällig und leicht interpretierbar sein wie möglich, so daß der Fahrer besonders schnell und fehlerfrei darauf reagieren kann. Die Reaktionszeit auf eine Anzeige ist um so kürzer, je kompatibler sie mit dem zugehörigen Bedienelement ist, das heißt je höher der erkennbare Zusammenhang zwischen der Anzeige und dem Bedienelement selber

- 2 -

ist.

Hierzu wurde aus der DE-OS 255 429 der Vorschlag bekannt, daß in Abhängigkeit von der Abweichung eines Parameter des Fahrzeugs (beispielsweise Abstand von einem anderen Fahrzeug, Abweichung von einer Sollgeschwindigkeit) eine Kraft in das die Geschwindigkeit des Fahrzeugs steuernde Pedal eingekoppelt wird. Eine derartige Funktion wird nachfolgend als Force-Feedback-Funktion bezeichnet und vielfach als FF-Funktion angegeben. Ein mit einer derartigen Funktion beaufschlagtes Pedal wird weiter unten vielfach als Force-Feedback-Pedal bzw. FFP angegeben.

In der EP-PS 709245 wird hierzu beschrieben, wie bei einer Überschreitung der Sollgeschwindigkeit durch einen Rechner gesteuert eine Kraft auf das die Geschwindigkeit steuernde Pedal ausgeübt wird, die dem Druck des Fahrerfußes entgegenwirkt und so den Fahrer warnt. Da der Fahrer hierbei das Gefühl hat, die einer höheren Fahrgeschwindigkeit entsprechende Stellung des Gas-Pedals schon erreichte zu haben, weil ihm eine entsprechende Pedalkraft entgegenwirkt, wird in der Fahrer hierdurch quasi diszipliniert und dazu hingeführt, die vorgeschriebene oder die für eine sichere Fahrt geeignete Geschwindigkeit einzuhalten. Dabei ist ein Drehhebel mit einem Gaszug gekoppelt. Liegt die ist-Geschwindigkeit unter der soll Geschwindigkeit so nimmt ein Getriebe die Stellung wie dort in Fig. 1 gezeigt an und der Hebel ist frei beweglich. Bei Erreichen der soll-Geschwindigkeit wird die Lage von Fig. 2 eingenommen und ein Stellhebel schlägt an den Steuerhebel an. Bei einer weiteren Abweichung der ist-Geschwindigkeit von der soll-Geschwindigkeit wird ein Zustand wie dort in Fig. 3 gezeigt eingenommen, bei der der Stellhebel durch den Steuerhebel entgegen dem Uhrzeigersinn zurückgeholt wird, wodurch das Gas zurückgenommen wird und die vom Fahrer ausgeübte

- 3 -

Kraft wirkungslos wird. Dem Fahrer ist es nicht möglich im Bedarfsfall die Geschwindigkeit über den eingestellten Wert der Geschwindigkeit zu erhöhen.

Aus der US-PS 4367805 ist es bekannt die zur Dosierung des Gases dienende Leitung mit einem Hebel zu koppeln, der mit einem durch einen Motor angetriebenen Stellhebel zusammenwirkt. Beim Niederdrücken des Pedals wird der Hebel rechts herum gedreht. Wird der Tempomat eingeschaltet wird der Stellhebel in die Stellung gebracht, die der eingestellten Geschwindigkeit entspricht. Der Drehwinkel des Stellhebels hängt ab von der Differenz aus der ist-Geschwindigkeit und der soll Geschwindigkeit. Solange die ist-Geschwindigkeit kleiner als die soll-Geschwindigkeit ist, ist die Lage der beiden Hebel frei veränderbar. Beim Überschreiten der soll-Geschwindigkeit muß bei der Bestätigung des Pedals gegen eine Feder gearbeitet werden. Im Ergebnis wächst die Gegenkraft in Abhängigkeit von der Differenz zwischen ist-und soll-Geschwindigkeit, eine schlagartige Erhöhung der Rückstellkraft ist nicht vorgesehen.

In der US-PS 5568797 wird über ein Pedal zusammen mit einer Drossel ein Hebel verstellt. Ein Verdrehen des Hebels nach rechts bedeutet eine Erhöhung der Geschwindigkeit. Die soll-Geschwindigkeit wird über eine Motorwelle mit dem daran befestigten Zeiger eingestellt, wobei ein Verdrehen nach rechts eine höhere soll-Geschwindigkeit bedeutet. Diese bekannte Einrichtung besitzt folgenden Nachteil: die Kraft der Feder wirkt anfangs der Rückstellkraft der Feder entgegen wird dann zu Null und wirkt anschließend in Abhängigkeit von der Differenz der Geschwindigkeiten wachsend in Richtung der Rückstellkraft.

Bei der US-PS 2822881 geschieht die Voreinstellung mittels einer

- 4 -

verdrehbaren Platte. Die ist-Geschwindigkeit wird durch einen Zeiger abgebildet. Überschreitet die ist-Geschwindigkeit die soll-Geschwindigkeit der so wird ein Kontakt durch den Zeiger geschaltet und ein Relais schaltete einen Motor ein, welcher mittels einer Stange einen Schieber gegen einen Anschlag solange zurückfährt, bis die ist-Geschwindigkeit hinreichend unter der soll-Geschwindigkeit liegt und damit der Motor abgeschaltet wird.

Es hat sich gezeigt, daß die bekannt gewordenen Konstruktionen recht aufwendig sind und eine Reihe von der Praxis gestellten Forderungen (siehe beispielsweise den geforderten Kurven-Verlauf Figur 8b) nicht erfüllen. So muß unter anderem auch darauf geachtet werden, daß bei der Verwendung eines Elektromotors zum Aufbringen der FF-Funktion dieser nicht überlastet wird. Weiterhin muß Vorsorge dafür getroffen werden, daß unter keinen Umständen der Aktuator für die FF-Funktion bzw. die Vorrichtung selbsttätig die Geschwindigkeit des Fahrzeugs erhöhen kann und damit Gefahren verstärkt, die durch die Einrichtung gerade vermieden werden sollen. Weiterhin soll der Fahrer die volle Kontrolle über das Fahrzeug behalten. Das heißt, dem Fahrer muß es möglich sein das Gaspedal (bzw. Bremspedal) im Sinne einer höheren Geschwindigkeit oder eines stärkeren Bremsvorganges auch dann betätigen zu können wenn die FF-Funktion schon eingesetzt hat. Dieser Vorgang wird als "Übertreten" bezeichnet. Weiterhin muß sichergestellt sein, daß der Fahrer bemerkt, daß von seinem Fahrzeug die soll-Geschwindigkeit überschritten wurde. Dabei ist zu beachten, daß die auf das Pedal bei einer bestimmten Geschwindigkeit aufgebraachte Kraft sehr unterschiedlich sein kann, je nachdem wie stark das Fahrzeug beladen ist oder ob es bergauf oder bergab fährt.

Die Erfindung geht daher aus von einer Vorrichtung, wie sie sich

- 5 -

aus dem Oberbegriff des Hauptanspruches ergibt und wie sie beispielsweise in Figur 8c gezeigt ist.

Aufgabe der Erfindung ist es Verbesserungen der bekannten Konstruktionen zu beschreiben, durch welche die Herstellungskosten für die Vorrichtung reduziert werden, die Zuverlässigkeit der Arbeitsweise der Vorrichtung verbessert wird und zusätzlich vorteilhafte Merkmale eingeführt werden, welche die Handhabung der Vorrichtung in der Praxis vereinfachen. Einzelheiten zu der Problematik der bekannten Vorrichtungen lassen sich auch aus den Figuren 8a und 8c im Zusammenhang mit in der zugehörigen Beschreibung entnehmen.

Aufgabe der Erfindung ist es weiterhin die Möglichkeit sicherzustellen, daß die gattungsgemäße Vorrichtung übertreten werden kann. Damit ist gemeint, daß das Bremspedal entgegen der Wirkung der Rückstellkraft (FFP-Funktion) nieder getreten werden kann. Das ist beispielsweise dann wichtig, wenn eine Gefahrensituation am besten durch Beschleunigen des Fahrzeugs, beispielsweise zum Überholen, beseitigt werden kann. Es soll also unter allen Umständen vermieden werden, daß durch eine in Richtung der Rückbewegung des Pedals auftretende Kraft zur Erhöhung einer Gefahrensituation führen kann anstatt diese zu beseitigen.

Die Aufgabe wird durch die sich aus dem kennzeichnenden Teil des Hauptanspruches ergebende Merkmalskombination sowie die in den Ausführungsbeispielen genannten Merkmale gelöst. Die Erfindung besteht im Prinzip also darin eine ganze Reihe von Merkmalen miteinander zu kombinieren, so daß diese die sinnvolle Betätigung eines Pedals insbesondere Gaspedals in optimaler Weise unterstützen.

- 6 -

Zum einen wird die zusätzliche Stellkraft (also die FF-Funktion) durch einen elektromechanischen Aktuator bereitgestellt. Dieser Aktuator ist vorteilhaft in Abhängigkeit von einer ganzen Reihe von Parametern steuerbar. Dies kann beispielsweise durch eine geeignete elektronische Schaltung wie durch einen Prozessor geschehen. Auf diese Weise ist es möglich die Stellkraft nicht nur von der Größe der Abweichung der ist-Geschwindigkeit von der soll-Geschwindigkeit abhängig zu machen. Vielmehr kann auch berücksichtigt werden mit welcher Kraft der Fahrer gerade das Gaspedal bedient, so daß sich die Stellkraft hiervon abhängig einstellen läßt. Auf diese Weise läßt sich vermeiden, daß der Fahrer beispielsweise bei einer Bergfahrt, bei der das Pedal mit größerer Kraft bedient werden muß, bei nur geringer Geschwindigkeitsüberschreitung die einsetzende relativ kleine Stellkraft nicht spürt. Die Stellkraft soll also zwar qualitativ von der Differenz der Geschwindigkeiten aber nicht quantitativ von dieser Differenz abhängig sein. Anders ausgedrückt, auch bei einer kleinen Abweichung der ist-Geschwindigkeit von der soll-Geschwindigkeit soll die Stellkraft fort mithinreichender Größe einsetzen, damit der Fahrer spürt, daß nunmehr die soll-Geschwindigkeit überschritten wurde und das Pedal von dem Aktuator zurückgestellt wird.

Schließlich soll es für den Fahrer möglich sein in Sonderfällen die Stellkraft überwinden zu können. Hierbei ist an Gefahrensituationen gedacht, bei denen eine Reduzierung der Geschwindigkeit mit einer erhöhten Gefahr verbunden sein kann, etwa bei einem Überholvorgang vor einer Bergkuppe. Dieser Vorgang wird vielfach als Übertreten bezeichnet.

Gemäß der Lösung der gestellten Aufgabe durch die Erfindung sollen unter anderen Mittel vorgesehen sein, durch welche die zu-

- 7 -

sätzliche Stellkraft einschließlich der ohne dies vorgegebenen Rückstellkraft durch den Fahrer übertreten werden kann. Damit ist gemeint, daß der Fahrer nicht der von dem Aktor insbesondere Elektro-Motor ausgeübten, das Pedal zurück stellenden Stellkraft nachgibt sondern dieser Kraft standhält und somit das Pedal in seiner Lage verharret oder sogar daß der Fahrer eine größere Kraft ausübt, durch welche das Pedal entgegen der Stellkraft im Sinne einer höheren Geschwindigkeit tiefer nieder getreten wird. Um das zu ermöglichen sind zwei Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung möglich. Wenn die Kraftquelle beispielsweise der Elektro-Motor reversiert werden kann, also entgegen seiner Antriebsrichtung bewegt werden kann, so läßt sich das " Übertreten " in einfacher Weise dadurch ermöglichen, daß der Antrieb durch eine entsprechende hohe Pedalkraft überwunden wird und der Motor auf diese Weise praktisch gezwungen wird, sich ein Stück rückwärts zu drehen.

Läßt sich die Kraftquelle aber nicht reversieren, so muß, um das Übertreten zu ermöglichen in den Kraftweg ein elastisches Glied eingefügt werden, welches bei hinreichend großer auf das Pedal ausgeübter Kraft nachgibt und so ein Niedertreten des Pedals entgegen der Stellkraft gestattet. Das elastische Glied beispielsweise Stahlfeder muß eine hinreichend große Vorspannung besitzen da andernfalls die Feder nachgibt ohne eine größere Kraft auf das Pedal auszuüben und so der Fahrer durch das Ansprechen der Force-Feedback-Pedal-Einrichtung (FFP-Einrichtung) nicht gewarnt wird. Andererseits wird angestrebt, daß in die Federkonstante der Feder klein ist, damit sich die Stellkraft nicht zu stark mit der Stellung des Pedals ändert.

Selbst wenn aber die Kraftquelle reversiert werden kann, so ist es dennoch sehr zweckmäßig das beschriebene elastische Glied in

- 8 -

den Kraft Weg einzufügen. In Notsituationen kann es nämlich notwendig sein, daß das Pedal derart schnell nieder gedrückt werden muß, so daß die reversieren der Kraftquelle und/oder ein dazwischen gestaltetes Getriebe nicht zu folgen vermag und quasi blockiert oder auch tatsächlich blockiert ist. Für diese Fälle wird im Rahmen der Erfindung vorgeschlagen auch bei Anwendung einer reversieren denn Kraftquelle das beschriebene elastische Glied in den Kraftweg einzufügen.

Entsprechend einer Weiterbildung der Erfindung gemäß den Merkmalen nach Anspruch 2 wird vorgeschlagen, daß die Stellkraft sprunghaft einsetzt. Hiermit ist gemeint, daß die Stellkraft nicht schleichend auftreten soll, so daß der Fahrer kaum merkt, daß die zusätzliche Stellkraft (FFP-Kraft) eingesetzt hat und möglicherweise der Täuschung unterliegt, daß Pedal-Gefühl habe sich geändert. Vielmehr ist es erwünscht, daß die zusätzliche Stellkraft ruckartig einsetzt und den Fahrer nicht in Zweifel darüber läßt, daß die Regelung das Pedal entgegen der Betätigungskraft des Fahrers zurück stellen will. Hierdurch läßt sich die notwendige Alarm-Wirkung erzielen. Wächst dagegen z. B. die Stellkraft mit der Differenz zwischen ist-Geschwindigkeit und soll-Geschwindigkeit an, so wird das faktische Anwachsen der Rückstellkraft am Pedal möglicherweise nur als ein verändertes Pedalgefühl nicht aber als Warnung verstanden.

Da zur Steuerung von Fahrzeugen außer mechanischen auch hydraulische und pneumatische Kräfte angewendet werden besteht die Möglichkeit, den Aktuator auf diese Weise mit Energie zu versorgen. In Weiterbildung der Erfindung wird hier vorgeschlagen stattdessen einen Elektromotor einzusetzen, da sich hierdurch die Merkmale der Erfindung relativ einfach durchführen lassen. Durch die Verwendung eines Elektromotors als Kraftquelle läßt sich diese

- 9 -

nicht nur sehr einfach mittels elektrischer Signale starten. Darüber hinaus kann diese Kraftquelle auch sehr leicht eingegebenen Steuersignalen folgen, so daß die Höhe der zusätzlichen Stellkraft sich während des FFP-Vorgangs leicht an zusätzliche Randbedingungen anpassen läßt. So kann beispielsweise die zusätzliche Stellkraft von der Höhe der gerade herrschenden normalen Rückstellkraft und damit von der Pedalstellung abhängig gemacht werden. Hierdurch läßt sich sicherstellen, daß die zusätzliche Stellkraft immer in einem weitgehend gleichbleibenden Verhältnis zur beim Einsetzen der Stellkraft gerade aufgewendeten Rückstellkraft bleibt (A3).

In Weiterbildung der Erfindung wird dafür Sorge getragen, daß nur eine in einer vorgegebenen Richtung wirkende Stellkraft wirksam werden kann, eine in Gegenrichtung wirkende Stellkraft aber sicher verhindert wird (Anspruch 5). Dies kann beispielsweise durch eine entsprechende Auswahl des Motortyps oder aber mechanisch durch geeignete Anschläge bewirkt werden. Diese Maßnahme ist insbesondere auch deshalb wichtig, weil ausgeschlossen werden muß, daß durch eine Fehlfunktion die Regelung das Fahrzeug beschleunigt anstatt dafür zu sorgen, daß das Gaspedal zurückgeschoben und damit die Geschwindigkeit abgesenkt wird. Weiter unten werden hierzu auch spezielle Bauelemente vorgeschlagen, welche eine Kraft nur in einer einzigen Richtung übertragen können wie beispielsweise die Übertragung von Zugkräften durch Seile oder Bänder. Des weiteren müssen also Maßnahmen getroffen sein, um sicher zu verhindern, daß bei einer Fehlfunktion des Aktuators dieser nicht den Gashebel (bzw. Bremshebel) in die verkehrte Richtung fahren kann, also die Geschwindigkeit des Fahrzeugs erhöht statt sie abzusenken. Weiterhin soll die Stellkraft nur solange wirksam sein, wie die ist-Geschwindigkeit die soll-Geschwindigkeit überschreitet. Es ist also sicherzustellen, daß die Stellkraft sich

- 10 -

bei Unterschreiten der soll-Geschwindigkeit nicht umkehrt, etwa um den Fahrer zu zwingen sich an die eingestellte soll-Geschwindigkeit zu halten.

Wie weiter unten erläutert wird können in besonders einfacher Weise die Mittel zum Übertreten des Pedals entgegen der FFP-Kraft darin bestehen, daß die zusätzliche Stellkraft zur Verfügung stellende Kraftquelle durch eine entsprechend hohe Betätigungskraft an der Pedale zu einer Bewegung entgegen ihrer Antriebsrichtung gezwungen werden kann. Besteht die Kraftquelle beispielsweise aus einem Elektromotor, so kann ein Übertreten darin bestehen; daß der eingeschaltete Motor durch die übertretende Kraft zu einer Bewegung entgegen seiner Antriebsrichtung gezwungen wird. Dabei muß aber sichergestellt werden, das ein Übertreten auch dann möglich ist, wenn der Motor und/oder das zwischen Motor und Pedal geschaltete Getriebe bei hohen Pedalkräften bzw. hohen Pedal -Betätigungsgeschwindigkeiten (z. B. schnelles Durchtreten des Gaspedals) blockieren. In Weiterbildung der Erfindung werden hierfür geeignete Maßnahmen vorgeschlagen, die nachfolgend vielfach als fail-safe-Einrichtungen bezeichnet werden. Eine zweckmäßige Lösung kann darin bestehen, in den Antriebsweg der Kraftquelle eine steife Feder zu legen, die bei üblichen Übertret-Kräften wie ein unelastischer Gegenstand wirkt. Werden die Kräfte aber zu groß, was durch eine Blockade von bedingt sein kann, so gibt die Feder nach und ermöglicht so eine Bewegung des Pedals entgegen der FFP-Kraft (A6).

Um die das Pedal zurück drückende Kraft schlagartig zu erhöhen wird in Weiterbildung der Erfindung vorgeschlagen, anstatt der Kupplung einen unter Vorspannung stehenden Anschlag zu verwenden. Dabei kann der Anschlag ständig unter einer bestimmten Vorspannung stehen oder die Vorspannung wird erst dann aufgebaut, wenn

- 11 -

die ist-Geschwindigkeit sich der soll-Geschwindigkeit nähert. Im Prinzip ist es nur notwendig, daß der Anschlag an der Stelle steht, die ein mit dem Pedal gekoppelter Gegenanschlag erreicht, wenn die soll-Geschwindigkeit überschritten wird. Ein Problem kann allerdings darin bestehen, daß die Lage des Pedals bei einer bestimmten Geschwindigkeit nicht eindeutig ist, da diese nicht nur von dem Zustand des Fahrzeugs (Belastung) sondern auch von dem Zustand der Fahrstrecke (Bergfahrt) abhängt. Bei der Voreinstellung der Lage des Anschlages ist somit darauf zu achten, daß die genannten Faktoren berücksichtigt werden. Eine einfache Lösung für dieses Problem zeigt die im Zusammenhang mit Anspruch 4 gegebene Merkmalskombination. Die grundsätzliche Überlegung hierzu besteht darin, daß im Zeitpunkt der Einschaltung der FFP-Kraft diese zusätzliche Stellkraft auf das Pedal ausgeübt werden kann, ohne daß bekannt sein muß, wo das Pedal nun genau steht. Es ist also nur notwendig zu dem Zeitpunkt, bei dem die ist-Geschwindigkeit die soll-Geschwindigkeit erreicht, die zusätzliche Stellkraft an dem Pedal oder an dem zu dem Pedal führenden Kraftweg angreifen zulassen um die erwünschte Wirkung zu erzielen. (A4)

Als Konsequenz hieraus wird in Weiterbildung der Erfindung die Merkmalskombination nach Anspruch 8 empfohlen. Der Elektromotor läuft also erst dann an, wenn die zusätzliche Stellkraft wirksam werden soll. Eine Voreinstellung eines Anschlages und die damit verbundenen, weiter oben geschilderten Probleme werden hierdurch einfach vermieden.

Um zu erreichen, daß die gewünschte Stellkraft sprungartig eingesetzt wird in Weiterbildung der Erfindung vorgeschlagen, den Aktuator mit einer Kupplung zu versehen. Durch das Einschalten der Kupplung läßt sich die von dem Motor aufgebrachte Kraft schlagar-

- 12 -

tig auf das Pedal übertragen. Nähere Ausführungen zu einem vorteilhaften Aufbau einer derartigen Kupplung werden weiter unten aufgeführt.

Die von dem Aktuator abgegebenen Stellkraft wird durch ein Übertragungsglied eingespeist. Um nun sicherzustellen, daß in Sonderfällen der Fahrer die Stellkraft überwinden kann (übertreten) wird in Weiterbildung der Erfindung vorgeschlagen, das Stellglied selbst oder aber seine Lagerung elastisch auszubilden, so daß es ab einer bestimmten Betätigungskraft durch den Fahrer ausweichen kann und ein Verstellen der Pedale in Richtung höherer Geschwindigkeit erlaubt.

Eine besonders einfache Dimensionierung der Stellkraft läßt sich dadurch erreichen, daß die Stellkraft vollkommen getrennt von der Rückstellkraft in das Pedal eingekoppelt wird. Auf diese Weise kann der Aktuator unabhängig von der Rückstellkraft in Richtung Pedal-Modul wirksam werden. Es ist auf diese Weise auch leichter möglich den Aktuator in seiner Wirkung auf die Rückstellkraft abzustimmen.

Eine relativ einfache Konstruktion läßt sich dadurch erreichen, daß die Übertragungswege für die Stellkraft und die Rückstellkraft weitgehend gemeinsam genutzt werden. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, daß sowohl der Aktuator als auch die Quelle für die Rückstellkraft an der Umlenkrolle in dem Pedal-Modul angreifen. Das kann an einem gemeinsamen Angriffspunkt geschehen oder aber auch an unterschiedlichen Angriffspunkten.

Wählt man einen gemeinsamen Angriffspunkt, so kann auch das über die Umlenkrolle geführte Zugseil gemeinsam genutzt werden, so daß in Kraftrichtung vor der Umlenkrolle sowohl die Quelle für die

- 13 -

Rückstellkraft als auch der Aktuator an den Zugseil angreifen. Dabei können die Rückstellkraft und die Stellkraft in Reihe geschaltet werden, die beiden Kräfte werden also hintereinander in das Zugseil oder seine Verlängerung eingekoppelt. Der Vorteil ist hier, daß das Übertragungsglied des Aktuators an der Rückstellfeder aufgehängt werden kann also hierdurch elastisch verankert ist. Durch das Übertragungsglied läßt sich durch Verkürzung des Seilzuges die Zugkraft der Rückstellfeder schlagartig vergrößern, so daß die Zugkraft um die Größe der Stellkraft vergrößert ist. Der Fahrer kann aber die Stellkraft übertreten solange die Rückstellfeder noch weiter ausgezogen werden kann.

Wie weiter oben schon erläutert wurde kann eine Kupplung dazu verwendet werden, die Kraft des Aktuators schlagartig auf das Pedal einwirken zulassen. Dabei kann die Kupplung die Stellkraft entweder unmittelbar auf das Pedal oder aber mittelbar, z. B. über das Zugseil und die Umlenkrolle übertragen. Es kann also die Kraft des Motors, der möglicherweise schon vor dem Überschreiten des Soll-Wertes angelassen wird oder der ständig im Leerlauf mitläuft, durch die Kupplung schlagartig auf das Pedal gebracht werden, so daß die das Pedal zurück ziehende Kraft sprungartig anwächst. Für die Erzeugung der Vorspannung kann wahlweise eine Spiralfeder oder eine Schraubenfeder verwendet werden. Die Vorspannung wird bevorzugt durch einen Elektromotor aufgebaut, der anlauft, bevor der Soll-Wert erreicht wird oder während der Soll-Wert erreicht wird.

Ein bevorzugter Aufbau unter Verwendung eines Anschlages kann darin bestehen, daß ein Elektromotor über ein Seil mit einer die Stellkraft aufbauenden Feder verbunden ist. Zieht der Elektromotor die Feder in die Länge so ist ein an dem Seil befestigter Anschlag nur mit einer entsprechend größeren Kraft in seiner Lage

- 14 -

zu verändern. Befestigt man nun an den Zugseil der Rückstellfeder einen Gegenanschlag, so kann über die Änderung der Lage des Anschlages durch den Elektromotor der Punkt festgelegt werden, bei dem die Stellkraft wirksam wird. Dieses Prinzip ist auch dann gut anwendbar, wenn zwei Rückstellfedern vorgesehen sind, wie dies in der Praxis üblich ist. Aus Gründen der Symmetrie empfiehlt es sich in diesem Fall für jede der beiden Rückstellfedern einen Gegenanschlag vorzusehen, die gegen den von dem Elektromotor eingestellten Anschlag laufen.

In der Regel ist es günstig, den Anschlag gegenüber dem Gehäuse des Pedalmoduls zu verstellen. Hierdurch wird der Abstand des Gegenanschlages gegenüber dem Pedalhebel verändert. Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Anschlag gegenüber dem Gehäuse des Pedalmoduls ortsfest zu halten und dem Pedalhebel mit einem in seiner Lage änderbaren Gegenanschlag zu versehen. Die Verstellung kann dabei durch einen Elektromotor geschehen, welcher an dem Pedalhebel befestigt ist.

Wie weiter oben schon erläutert kann die Lage des Anschlages auf einer Kreisbahn verstellt werden. Das ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die Stellkraft durch eine mittels eines Elektromotors vorgespannte Spiralfeder aufgebracht wird. Bei der Verwendung einer Schraubenfeder ist es vorteilhaft, den Anschlag auf einer linearen Strecke zu verschieben. Diese Konstruktionen gehen davon aus, daß der Anschlag mechanisch fest arretiert wird. Es ist in Weiterbildung der Erfindung aber auch möglich, den Anschlag nur in einer Koordinatenrichtung zu arretieren. Hierzu kann beispielsweise ein Seil oder einen Band verwendet werden, an dessen Ende sich ein Anschlag befindet. In Abhängigkeit von dem gewünschten Lagepunkt des Anschlages wird dann das Seil oder Band entsprechend auf- oder abgewickelt. Das andere Ende des Bandes

- 15 -

ist mit einer geeigneten Feder verbunden, die die gewünschte Stellkraft zur Verfügung stellt.

An sich ist es möglich, daß ein Linearmotor eine Stellkraft auf das Pedal direkt oder durch Umlenkung der Kraft indirekt ausübt. Eine derartige Maßnahme wird weiter unten als sehr einfache Lösung bei der Auswahl des Elektromotors vorgeschlagen. Dagegen kann eine preiswerte Lösung darin bestehen, einen üblichen Elektromotor mit drehendem Rotor vorzusehen und die Größe der auszuübenden Kraft so wie die vorzugsweise lineare Kraftrichtung mittels eines Getriebes herbeizuführen. Geeignete Ausgestaltungen hierfür werden weiter unten erläutert.

Weiter oben war schon erläutert worden, daß es sich in Weiterbildung der Erfindung empfehlen kann, in dem Aktuator ein Getriebe einzusetzen. Hierbei empfiehlt sich die Verwendung eines Kugel-Gewinde-Triebes, welches sehr leicht-gängig ist. Ist das Getriebe blockiert, so muß man dafür sorgen, daß der Fahrer die Gewinde-Spindel übertreten kann. Das geschieht dadurch, daß man die Spindel oder die Mutter des Getriebes elastisch lagert bzw. mit einem elastischen Glied versieht. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Selbsthemmung des Getriebes derart abzustimmen, daß ab einer bestimmten Betätigungskraft das Gewinde nachgibt, so daß der Fahrer auch in diesem Fall das Pedal übertreten kann. Hierbei handelt es sich um die normale Übertretfunktion.

In vorteilhafter Weiterbildung der Erfindung kann die Spindel des Kugel-Gewinde-Triebes unmittelbar auf das als Pedal ausgestaltete Steuerorgan einwirken. In diesem Fall greifen vorzugsweise die Rückstellkraft und die Stellkraft an unterschiedlichen Punkten des Pedalhebels an. Als Getriebe kann auch ein Planetengetriebe eingesetzt werden, für den Fall, das hohe Übersetzungen notwendig

sind.

Anstatt eines der Elemente des Getriebes elastisch zu lagern, damit der Fahrer das Pedal übertreten kann ist es auch möglich eine spezielle Feder vorzusehen, die in den Kraftweg der Stellkraft eingefügt wird. Weiter oben wurde schon erläutert, daß unter Umständen die für die Rückstellkraft sorgende Feder gleichzeitig auch die Aufgabe der Übertretfunktion übernehmen kann. Ist das nicht möglich, weil die Rückstellfeder nicht weiter ausgedehnt werden kann, so wird in Weiterbildung der Erfindung vorgeschlagen, eine spezielle Feder für die Übertretfunktion vorzusehen.

Weiterhin kann die Rückstellfeder zusätzlich auch noch für die Stellkraft sorgen, in dem sie durch den Aktuator so weit verlängert wird, daß die Rückstellkraft sich schlagartig erhöht. Damit kann diese Feder bei geeigneter Abstimmung alle drei Aufgaben übernehmen, nämlich die Rückstellkraft und die Stellkraft zur Verfügung stellen und auch die Übertretfunktion übernehmen. In vielen Fällen ist es aber ratsam zumindest eine zusätzliche Feder einzusetzen, da hierdurch unterschiedliche Federkonstanten eingesetzt werden können. Vielfach soll auch die Funktion der Rückstellfeder nicht verändert werden, etwa wenn der Aktuator wahlweise und zusätzlich zur Verfügung gestellt werden soll.

Verwendet man zwei oder mehr Federn, so kann es sich aus Gründen der Platzersparnis empfehlen, diese ineinander zu schachteln. Dies ist auch dann möglich, wenn die Federn in Reihe geschaltet werden also in ihrer Wirkung hintereinander liegen. Einige der nachfolgenden Ausführungsbeispiele zeigen hier Einzelheiten. Vorteilhaft dabei ist, daß die verschiedenen Federn eine unterschiedliche Federkonstante aufweisen können.

- 17 -

Die weiter oben erwähnten Kupplungen können derart aufgebaut sein, daß sie die Kraftverbindung zwischen Elektromotor und Pedalhebel durch Formschluß (beispielsweise durch Verzahnung) oder durch Reibschluß bewirken. Dabei können wieder die kuppelnden Elemente als Scheiben oder auch als Stangen ausgestaltet sein. Um die Elemente zum Einschalten der Kupplung zusammenzuführen können Elektromagnete verwendet werden. Es ist aber auch möglich die Trägheit der Elemente für den Schaltvorgang auszunutzen. Dies kann beispielsweise dadurch geschehen, daß eine Schaltwelle vorgesehen wird, welche mit einem Außengewinde versehen ist und leichtgängig in einer Gewinde-Hülse läuft, beispielsweise mittels eines Kugel-Gewindes. Beginnt nun ein Elektromotor die Gewinde-Hülse zu drehen, so bleibt die Schaltwelle aufgrund ihrer Trägheit stehen und fährt aus der Hülse heraus, wodurch die kuppelnden Elemente gegeneinander gefahren werden.

Die Kupplung kann aber auch eine mit Zähnen oder einer Reibfläche versehene Stange besitzen, in die ein zugeordnetes zweites Kuppelungselement durch einen Schaltmagneten oder eine Exzenter-Welle gekoppelt wird.

Weiter oben und wurde schon erläutert, daß es sich besonders empfehlen kann, in dem Aktuator einen Linearmotor einzusetzen. Der Vorteil hierbei besteht insbesondere darin, daß der Linearmotor weder ein Getriebe noch eine Kupplung benötigt und zusätzlich in Form einer linearen Bewegung an dem Pedalhebel direkt angreifen kann. Wird der Induktor nicht bestromt, so leistet er gegenüber dem Pedalhebel praktisch keinen Widerstand. Durch einen einfachen Schaltvorgang, durch welchen der Induktor bestromt wird, läßt sich dann vorteilhaft durch die Reaktionsschiene eine Kraft auf dem Pedalhebel ausüben, da man für das sich bewegende Übertragungsglied (Reaktionsschiene) keine Stromzuführung benötigt, wenn

- 18 -

es mit Dauermagneten versehen ist oder aus einem magnetisierbaren Werkstoff besteht. Es ist aber auch möglich die Reaktionsschiene gekrümmt auszuführen und den Induktor mit einem Drehhebel zu verwenden, welcher an der Kurvenscheibe angreift. Dieser Drehhebel kann gleichzeitig ein Teil des Koppelhebels sein, welcher in an sich bekannter Weise die Rückstellkraft zu dem Pedalhebel überträgt, welche von der Rückstellfeder in die Kurvenscheibe eingeleitet wird.

Verwendet man wie beschrieben, die Reaktionsschiene als Übertragungsglied, so kann diese auch innerhalb des Pedalmoduls in den Kraftweg der Rückstellfeder eingeschaltet werden. Dies geschieht am besten auf der Strecke zwischen der Rückstellfeder und der Kurvenscheibe.

Im Rahmen der Erfindung wird als Weiterbildung angestrebt, die mechanisch und/oder elektrisch empfindlichen Teile vor möglicher Verschmutzung durch die umgebende Luft zu schützen. Hierzu wird vorgeschlagen die aus dem Gehäuse des Pedalmoduls herausragenden und mit dem Pedalhebel verbundenen beweglichen Teile mit Hilfe einer diese umgebenden Manschette zu schützen. Andererseits ist dabei aber zu beachten, daß es möglich sein muß, den Pedalhebel gegenüber dem Gehäuse des Pedalmoduls sehr schnell bewegen zu können, beispielsweise bei einer Panik-Bremmung. Hierdurch wird aber der von der Umgebung abgedichtete Raum sehr schnell verengt, wodurch ein erheblicher Druck aufgebaut wird, welcher die Manschette gefährden kann. Daher wird in Fortbildung dieser Ausgestaltung vorgeschlagen, in dem Gehäuse ein Ventil vorzusehen, durch welches der Überdruck entweichen kann.

Es wurde weiterhin erläutert, im Rahmen der Erfindung einen Anschlag und/oder Gegenanschlag vorzusehen von dem die Stellkraft

- 19 -

der Kraftquelle abgegeben beziehungsweise aufgenommen wird, sobald die ist-Geschwindigkeit in den Bereich der soll-Geschwindigkeit kommt. Eine theoretische Möglichkeit besteht darin, einen der beiden Anschläge in eine Position schon beim Einschalten der FFP-Einrichtung zu fahren, die der Gegenanschlag voraussichtlich beim Erreichen der soll Geschwindigkeit einnehmen wird. Die Lage des Anschlages muß dann ständig nachgeregelt werden, je mehr die ist-Geschwindigkeit sich der soll-Geschwindigkeit nähert. Sehr viel einfacher aber ist es durch eine vorzugsweise elektrische oder elektronische Überwachung oder Steuerung in dem Moment die beiden Anschläge gegeneinander zu bringen, in dem die soll-Geschwindigkeit von der ist-Geschwindigkeit erreicht wird. Der Vorteil besteht insbesondere darin, das zu diesem Zeitpunkt eindeutig ist, in welcher Position sich der Gegenanschlag bei dieser Geschwindigkeit befindet. Man braucht also nur noch die Kraftquelle einzuschalten und der Gegenanschlag wird zur richtigen Zeit seine Kraft auf den Anschlag ausüben.

Es ist zu beachten, daß im Rahmen der Erfindung die in den einzelnen Ausführungsbeispielen beschriebenen Konstruktionsmerkmale gegenüber vergleichbaren Merkmalen in anderen Ausführungsbeispielen ausgetauscht werden können. Die vorliegende Erfindung gibt zu der bestehenden Aufgabe weiterhin Lösungen an, die sich besonders durch ihrer Raum sparende Ausführung auszeichnen.

Wichtig für die vorliegende Erfindung ist es auch, daß diese nicht darauf beschränkt ist, einen Fahrer auf die geeignete oder vorgeschriebene Geschwindigkeit eines Fahrzeugs hin zu führen, in dem der Fahrer bei der Betätigung des Gas-Pedals vor der Überschreitung der notwendigen Geschwindigkeit gewarnt wird oder dem Fahrer der Eindruck vermittelt wird, daß Gaspedal habe schon die

- 20 -

von ihm gewünschte Stellung erreicht. Vielmehr ist der Gegenstand der Erfindung auch der Betätigung anderer Steuerorgane des Fahrzeugs wie beispielsweise des Bremspedals vorteilhaft einsetzbar. Dabei kann die das Bremspedal rückstellende zusätzliche Kraft nicht nur von der geeigneten Betätigung der Bremse selbst (beispielsweise beim Anfahren) abhängig seien. Vielmehr kann die rückstellende zusätzliche Kraft am Bremspedal (oder auch am Gaspedal) auch durch fahrdynamische Parameter gesteuert werden wie beispielsweise bei ESP, wenn ein Fahrer zu stark bremsen will oder zu schnell in eine Kurve fahren möchte. Der Aufbau der erfindungsgemäßen Vorrichtungen wird im übrigen besonders einfach, wenn der Bremsvorgang oder die Änderung der Geschwindigkeit nicht direkt in das Pedal eingeleitet wird sondern die Pedalstellung mit Hilfe von Sensoren abgetastet wird, wie dies beispielsweise bei einem elektromechanisch oder elektrohydraulisch arbeitenden Bremssystem der Fall ist.

Die in den Ausführungsbeispielen getroffene Anordnung ist aber auch hervorragend geeignet den Fahrer dahin zu führen, daß er das Gaspedal in optimaler Weise bedient. Will beispielsweise ein Fahrer in seinem Fahrzeug in einer schwierigen Situation zu stark Gas geben, indem er mit einer zu großen Kraft das Gaspedal bedient, so ist es durch eine elektronische Steuerung möglich in Abhängigkeit von den dynamischen Fahrzeugparametern die Betätigung des Gaspedals mit einer hemmenden oder sogar rückstellenden Kraft zu versehen, so daß dem Fahrer der Eindruck vermittelt wird, das Gaspedal habe schon die Stellung eingenommen, die seinem (das Fahrzeug gefährdenden) Eingabewunsch entspricht. Eine gefährliche Betätigung des Bremspedals kann auf analoge Weise gehoben werden. Auf diese Weise kann der Fahrer zu einem disziplinierten Fahrstil angehalten werden. Die hemmende Kraft bei der Betätigung des Pedals beziehungsweise die der Pedalkraft des Fah-

- 21 -

rers entgegenwirkende Kraft wird regelmäßig durch die Kraft eines Elektromotors herbeigeführt. Zur Erzeugung eines entsprechenden Magnetfeldes wird wiederum ein entsprechend großer Strom einer geeigneten Motor-Spule zugeführt. Die Auslösung dieses Vorgangs geschieht durch das Ausgangssignal einer Steuerung oder Regelung, welche durch die Fahrzeug-Dynamik anzeigende Parameter angesteuert wird. Das Ausgangssignal der Steuerung kann aber auch durch extern zugeführte Signale ausgelöst werden, etwa durch eine Anordnung, die in Verbindung mit einer Geschwindigkeitsbeschränkung an einer Fahrstrecke angeordnet wird.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen geschrieben, die in der Zeichnung dargestellt sind. In der Zeichnung zeigen

Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel

Figur 2a und Figur 2b ein zweites Ausführungsbeispiel

Figur 3a und Figur 3b und Figur 3c ein drittes Ausführungsbeispiel mit Abwandlungen

Figur 4a und Figur 4b ein viertes Ausführungsbeispiel mit Abhandlung

Figur 5a bis Figur 5f ein fünftes Ausführungsbeispiel

Figur 6 ein sechstes Ausführungsbeispiel

Figur 7 ein siebentes Ausführungsbeispiel und

Figur 8a bis Figur 8f ein achttes Ausführungsbeispiel mit Abwand-

- 22 -

lungen.

Figur 9a und Figur 9b ein neuntes Ausführungsbeispiel

Figur 10 ein zehntes Ausführungsbeispiel

Figur 11 ein elftes Ausführungsbeispiel

Figur 12 ein zwölftes Ausführungsbeispiel

Figur 13 ein dreizehntes Ausführungsbeispiel

Figur 14a, 14b und 14c in geschnittener Darstellung vierzehntes Ausführungsbeispiel

Figur 15a und 15b einen Schnitt durch ein fünfzehntes Ausführungsbeispiel

Figur 16a und 16b ein sechzehntes Ausführungsbeispiel

Figur 17 ein siebzehntes Ausführungsbeispiel

Figur 18 ein achtzehntes Ausführungsbeispiel

Figur 19a und 19b ein neunzehntes Ausführungsbeispiel

Figur 20 ein zwanzigstes Ausführungsbeispiel

Figur 21 ein einundzwanzigstes Ausführungsbeispiel

Figur 22 ein gegenüber dem einundzwanzigsten Ausführungsbeispiel abgewandeltes zweiundzwanzigstes Ausführungsbeispiel

- 23 -

Figur 23 ein dreiundzwanzigstes Ausführungsbeispiel

Figur 24a bis Figur 24e ein vierundzwanzigstes Ausführungsbeispiel

Figur 25a bis Figur 25d ein fünfundzwanzigstes Ausführungsbeispiel

Figur 26 ein sechsundzwanzigstes Ausführungsbeispiel

Figur 27a und Figur 27b ein siebenundzwanzigstes Ausführungsbeispiel

Figur 28a und Figur 28b ein achtundzwanzigstes Ausführungsbeispiel und

Figur 29a und Figur 29b ein neunundzwanzigstes Ausführungsbeispiel

Die Beschreibung der einzelnen Ausführungsbeispiele ist nun jeweils derart aufgebaut, daß eingangs bestehende Lösungsvorschläge diskutiert werden und danach die verbessernden Merkmale des jeweiligen Ausführungsbeispiels erläutert werden. Schließlich werden die mit dem jeweiligen Ausführungsbeispiel erreichten Vorteile erläutert und dann der wesentliche Vorteil des jeweiligen Ausführungsbeispiels angegeben sowie Möglichkeiten der Abänderung im Rahmen des Ausführungsbeispiels erläutert. In den einzelnen Ausführungsbeispiele an einander entsprechende Teile besitzen das gleiche Bezugszeichen. Soweit also ein Bezugszeichen innerhalb eines einzelnen Ausführungsbeispiels nicht gesondert erläutert wird können die Ausführungen zu diesen Bezugszeichen in anderen

- 24 -

Ausführungsbeispielen analog herangezogen werden.

Ausführungsbeispiel 1 gemäß Figur 1

(1-255)

Bei einigen der weiter unten vorgeschlagenen Ausführungsbeispiele wird ein fester oder verschiebbarer Anschlag eingesetzt. Je nach Stellung des Anschlags wirkt das Motormoment bei einer bestimmten Pedalstellung entgegen der Pedalkraft oder gegenüber dem Anschlag. Die Stellung des Anschlags muss nicht nur der gewünschten Fahrgeschwindigkeit angepasst werden, sondern auch der Fahrsituation. Bei einer anderen Lösung wird der Anschlag mittels einer verstellbaren Seillose verwirklicht. In Abweichung hierzu wird bei dem Ausführungsbeispiel 1 folgende Funktion vorgeschlagen, in der kein Anschlag vorgesehen ist.

In Figur 1 ist an einem Gehäuse 23 eines Pedalmoduls ein Pedalbrett 7 drehbar angelenkt. In dem Gehäuse 23 ist eine Kurvenscheibe 3 drehbar angeordnet. An dem als Brett ausgestalteten Pedalhebel 7 greift ein Koppelhebels 50 an, der mit einem mit der Kurvenscheibe fest verbundenen Drehhebel 51 zusammenwirkt. Man erkennt, daß bei einer Drehbewegung des Pedalhebels 7 entgegen dem Uhrzeigersinn die Kurvenscheibe 3 im Uhrzeigersinn verdreht wird. An der Kurvenscheibe 3 greift an einem Befestigungspunkt 53 eine Rückstellkraft aufbringende Rückstellfeder 4, die nachfolgend vielfach als Rückholfeder oder Rückzugfeder bezeichnet wird. In nicht näher beschriebener Weise wird durch das Drehen der Kurvenscheibe 3 die Menge des dem Motor zur Verfügung gestellten Gases reguliert, wobei das Verschwenken des Pedalhebels 7 entgegen dem Uhrzeigersinn die Menge des Gases gesteigert wird. Wird die auf den Pedalhebel 7 ausgeübte Kraft vermindert so kann sich die Rückstellfeder 4 ausdehnen und damit den Pedalhebel 7 zurück schieben.

- 25 -

Ausgehend von dieser an sich bekannten Konstruktion sorgt nun der in Figur 1 dargestellte erfindungsgemäße Aufbau dafür, daß bei einer Überschreitung des Ist-Wertes gegenüber dem Soll-Wert der Geschwindigkeit ein Elektromotor 1 mit einem daran angeschlossenen Getriebe 13 eine Stellkraft auf den Pedalhebel 7 ausübt, welche der Rückstellkraft der Rückstellfeder 4 hinzugefügt wird.

Im Ausgangszustand besteht kein Kraftschluss zwischen der Motor-Getriebe-Einheit 1, 13 und einer Rückzugstange 54, welche durch eine Rückhaltefeder 55 in Figur 1 nach links außer Eingriff zu der Motor-Getriebe-Einheit gedrückt wird. Wird die Force-Feedback-Funktion zur Erzeugung der Stellkraft hinzugeschaltet, wird über einen nicht näher dargestellten Aktor mit dem angeschlossenen Exzenter 56 die Rückzugstange 54 in Richtung der Motor-Getriebe-Einheit gedrückt und es erfolgt der Kraftschluss (beispielsweise in Form von Reibschluss oder Formschluss) zwischen der Rückzugstange und Motor-Getriebe-Einheit. Die Kurvenscheibe 3 wird nun durch die Motor-Getriebe-Einheit in Figur 1 nach unten zurückgezogen und damit die Pedalkraft erhöht. Um das System bei einem Ausfall der Motor-Getriebe-Einheit oder des Aktors übertreten zu können, erfolgt die Verbindung zwischen der Rückzugstange und der Kurvenscheibe über eine Ausweichfeder 57. Dabei ist mit "übertreten" folgendes gemeint. Dem Fahrer wird die Möglichkeit gegeben entgegen der von der Rückzugstange 54 ausgeübten Kraft den Pedalhebel 7 entgegen dem Uhrzeigersinn tiefer treten zu können. Die Ausweichfeder 57 ist hierzu zwischen der Kurvenscheibe 3 und der Rückzugstange 54 geschaltet. Die Aufhängung der Rückzugstange kann innerhalb der Kurvenscheibe nach oben ausweichen, so dass ein plötzliches Gasgeben durch eine Fehlfunktion in der Force-Feedback-Einheit (beispielsweise durch verkehrte Drehrichtung des Motors) vermieden wird. Hierzu ist die Aufhängung 58

derart in einer Nut 59 geführt, daß sie an einer Wand 60 der Nut 59 angreifen und über Zugkräfte die Kurvenscheibe 3 entgegen dem Uhrzeigersinn verdrehen kann. Druckkräfte können nicht übertragen werden, da die Aufhängung 58 innerhalb der Nut 60 nach oben ausweichen kann. Statt der im Bild dargestellten Nut kann auch die Verbindung zwischen der Kurvenscheibe und der Rückzugstange über ein Seil erfolgen. Es muss lediglich sichergestellt werden, dass die Kraftübertragung nur in eine Richtung erfolgen kann.

Die Verbindung zwischen der Rückzugstange 54 und der Motor-Getriebe-Einheit 1, 13 kann, wie in Figur 1 dargestellt ist, über Formschluss aber auch über Reibschluss erfolgen. Um beim Hinzuschalten der Force-Feedback-Funktion direkt ein höheres Motormoment zur Verfügung zu haben, läuft der Motor erst gegen ein nicht näher dargestelltes blockiertes Getriebe. Durch die Verschiebung der Rückzugstange nach rechts unten wird auch die Verriegelung des Getriebes in nicht näher gezeigter Form gelöst und man hat somit sofort das volle Motormoment für die Force-Feedback-Funktion zu Verfügung.

Vorteile

Der Motor muss nur ein- bzw. ausgeschaltet werden. Es ist keine Positionserkennung für den Motor erforderlich. Der Motor muss nur in eine Richtung drehen können. Kein Reversierbetrieb erforderlich. Die Teile können aus Kunststoff gefertigt werden. Das System muss nicht auf verschiedene Lastzustände eingestellt werden. Der Regelungsaufwand ist gegenüber den bekannten Lösungen wesentlich geringer.

Für das vorliegende Ausführungsbeispiele ist es besonders wichtig daß keine Positionserkennung für den Motor erforderlich ist.

Ausführungsbeispiel 2 gemäß Figur 2a und Figur 2b (1-253)

Bei einigen der weiter unten vorgeschlagenen Ausführungsbeispiele wird ein fester oder verschiebbarer Anschlag eingesetzt. Je nach Stellung des Anschlags wirkt das Motormoment bei einer bestimmten Pedalstellung entgegen der Pedalkraft oder gegenüber dem Anschlag. Die Stellung des Anschlags muss nicht nur der gewünschten Fahrgeschwindigkeit angepasst werden, sondern auch der Fahrsituation. Bei einer anderen Lösung wird der Anschlag mittels einer verstellbaren Seillose verwirklicht. In Abweichung hierzu wird bei dem Ausführungsbeispiel 2 folgende Funktion vorgeschlagen, in der kein Anschlag vorgesehen ist.

Der grundsätzliche Aufbau des in Figur 2 gezeigten Ausführungsbeispiels entspricht wieder weitgehend dem Aufbau nach Figur 1 und soll daher nicht näher erläutert werden. Wird der in Figur 2 nicht näher dargestellte Motor bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 2 gestartet, dreht sich ein Planetenträger 61 des in Figur 2a dargestellten Planetengetriebes 62 in die eingezeichnete Richtung Q. Dadurch wird über den mit dem Träger 61 der Planetenräder 63 verbundenen Schaltnocken 64 und den damit angesteuerten, um den Drehpunkt 65 drehbaren Schalthebel 66 die Anpressrolle 67 gegen die Reibwelle bzw. den Reibkörper 68 gedrückt, welche dadurch wiederum gegen das Hohlrad 69 des Planetengetriebes 62 gedrückt wird. Dadurch wird der Planetenträger 61 blockiert und die Übersetzung im Planetengetriebe 62 geht nun vom Motor zum Hohlrad, über das ein Bremsmoment an die Reibwelle (bzw. Reibkörper) übertragen und somit die erforderliche Pedalbetätigungskraft erhöht wird.

Damit sich das Hohlrad nicht von Anfang an gleich mitdreht, ist

- 28 -

eine entsprechende Vorrichtung vorzusehen, durch welche der Anfahrwiderstand der Hohlwelle über dem des Planetenträgers liegt.

Die Übertagung des Bremsmomentes vom Hohlrad an die Reibwelle kann entweder wie hier dargestellt über Reibschluss oder aber über Formschluss erfolgen. Die Anbindung des Reibkörpers 68 aus an die Kurvenscheibe kann mittels der im Zusammenhang mit Figur 1 beschriebenen Maßnahmen geschehen. Wird der Motor wieder ausgeschaltet muss der Planetenträger über einen Rückstellmechanismus, z. B. eine Rückstellfeder am Schalthebel, wieder in seine Ausgangsstellung zurückgestellt werden.

In Abänderung des in Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiels kann die Kraftübertragung zwischen Hohlrad 69 und Reibwelle bzw. quaderförmigen Reibkörper 68 entweder über Reibschluss oder Formschluss erfolgen. Für die Ausführungsformen nach Figur 2 ist folgendes besonders wichtig: Um die Force-Feedback-Funktion einzuschalten muss lediglich der Motor eingeschaltet werden. Wird der Motor wieder ausgeschaltet oder fällt aus, ist auch die Force-Feedback-Funktion wieder ausgeschaltet und man hat das normale Pedalgefühl.

Vorteile des Ausführungsbeispiels 2

Der Motor muss nur ein- bzw. ausgeschaltet werden.

Es ist keine Positionserkennung für den Motor erforderlich.

Der Motor muss nur in eine Richtung drehen können. Kein Reversierbetrieb erforderlich.

Geringe Einbaumaße.

Planetengetriebe haben ein gutes Akustikverhalten.

Die Teile können aus Kunststoff gefertigt werden.

Das System muss nicht auf verschiedene Lastzustände eingestellt werden.

- 29 -

Der Regelungsaufwand ist gegenüber den bekannten Lösungen wesentlich geringer.

Fällt der Motor aus, schaltet sich die Force-Feedback-Einheit selbständig ab und man hat das normale Pedalgefühl.

Ausführungsbeispiel 3 gemäß Figur 3a bis Figur 3c (1-254)

Die im Bild (siehe insbesondere Figur 3a) dargestellte Force-Feedback-Einheit (im Folgenden FFE genannt) wird an der Stelle mit dem Gaspedal 7 verbunden, an der die Translationsbewegung des Pedals bzw. des Pedalgestänges (beispielsweise des Koppelhebels 50 in Figur 2) in eine Rotationsbewegung umgewandelt wird. Dies kann beispielsweise die Drehachse des Pedalhebels 7 oder die Drehachse der Kurvenscheibe 3 (siehe Figur 1) sein. In der Regel ist es die Stelle, an der auch der Drehwinkelsensor angeschlossen wird.

Die Schema-Skizzen sollen nur die Wirkweise verdeutlichen, die in den Figuren 3a bis 3c gezeigte Mechanik ist ansonsten vorzugsweise in das Pedalmodul integriert, wobei das Pedalmodul in der Regel durch ein Gehäuse 23 umgrenzt ist. In dem Pedalmodul sind üblicherweise die das Pedal 7 standardmäßig zurückstellende Rückstellfeder, eine die Kraft der Rückstellfeder umlenkende Kurvenscheibe und ein Koppelhebel untergebracht, welcher die Kraft der Rückstellfeder auf das Pedal überträgt.

Bei dem vorliegenden Prinzip wird die Trägheit und die Reibung der Kupplungswelle (71) derart genutzt, das ein getriebeübersetzter Motor 1 auf ein Bewegungsgewinderad (72) wirkt und somit eine Axialbewegung der Kupplungswelle 71 auslöst. Durch die Trägheit und die vernachlässigbare Reibung wird bewirkt, daß die Kupplungswelle 71 sich nicht sofort mit dem Zahnrad 72 mitdreht son-

- 30 -

dern durch eine relative Drehbewegung des Gewindes 76 gegenüber dem Zahnrad 72 ein Stück (in der Zeichnung nach rechts) herausgedreht wird. Diese Axialbewegung wird zum Einkuppeln der Abtriebswelle (74) genutzt, die das Gaspedal bei Bedarf entgegen der Betätigungskraft des Fahrers zurückstellt. Die Kupplung (73) verbindet die beiden Wellen reibschlüssig oder formschlüssig und kann auch mehrlamellig (siehe Figur 3b) ausgeführt sein. Ein Federelement (75) bringt die Kupplungswelle 71 in Ausgangsstellung zurück.

Wenn der Motor 1 anläuft beginnt das Zahnrad 72 gegenüber der Welle 71 eine Drehbewegung auszuführen, durch welche die Welle 71 aufgrund ihrer Trägheit über das Gewinde 76 in Figur 3a nach rechts gegen die Klaue 80 der Antriebswelle 74 verschoben wird und an diese angekoppelt. Da nunmehr die Welle 71 nicht mehr weiter nach rechts ausweichen kann, wird das Drehmoment des Zahnrades 72 über das Gewinde 76 auf die Welle 71 und damit auf die Antriebswelle 74 übertragen. Durch diese Übertragung des Drehmoments wird gleichzeitig auch der Kraftschluß in der Kupplung aufrechterhalten.

Die Abweichung der Ausführungsformen nach Figur 3b gegenüber Figur 3a besteht im wesentlichen darin, daß die Kupplung 73 mit mehreren Lamellen versehen ist.

In Figur 3c wird die Welle 71 mit Hilfe eines Elektromagneten 52, 70 axial verschoben. Dabei sind in dem Gehäuse 23 Wicklungen 52 vorgesehen, die an eine nicht dargestellte Stromquelle angeschlossen werden können und auf einen magnetisierbaren Abschnitt 70 der Welle 71 einwirken. Vorzugsweise ist hierzu die Welle 71 gegenüber dem Zahnrad 72 axial verschiebbar aber drehfest gelagert. Dieser Aufbau ist in sofern sicherer als der Aufbau nach

- 31 -

Figur 3a und Figur 3b, als nicht sichergestellt werden muß, daß die Welle 71 auf Grund ihrer Trägheit sich beim Anlaufen des Zahnrades 72 in axialer Richtung bewegt. Es können aber auch beide Systeme kombiniert werden, so daß der Magnet 52, 70 quasi als Starthilfe dient um sicherzustellen, daß nicht aufgrund von Reibungsverlusten die Kupplung gemäß den Figuren 3a und 3b unterbleibt, da das Zahnrad die Welle 71 sofort mit nimmt. Hat die Kupplung erst einmal gegriffen so kann sie dann durch das in Figur 3c nicht dargestellte Gewinde (76) wie im Zusammenhang mit den Figuren 3a und Figur 3b beschrieben selbsttätig gehalten werden ohne daß der Magnet weiter bestromt werden muß. Anstelle des Magnetes 52, 70 ist ebenso eine zweite Motorantriebseinheit für die Drehmomentsteuerung möglich.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 3a, 3b ist auch sichergestellt, daß das Pedal 7 übertreten werden kann. Das bedeutet, daß das Pedal entgegen der rückstellenden (zusätzlichen) Stellkraft im Sinne der Erhöhung der Geschwindigkeit tiefer getreten werden kann. Ist nämlich die Betätigungskraft durch den Fahrer größer als die rückstellende Kraft über die Welle 71, so wird die Welle 71 entgegen der Antriebsrichtung gegenüber dem Zahnrad 72 derart verdreht, daß sie in Figur 3 nach links axial verschoben wird und damit die Kupplung 73 löst.

Vorteile des Ausführungsbeispiels nach den Figuren 3a, 3b und 3c

Der Motor muss nur ein- bzw. ausgeschaltet werden und kann unterschiedliche Drehmomente übertragen.

Es ist keine Positionserkennung für den Motor erforderlich, da der Motor in jeder Drehlage über die Kupplung an das Pedal angekoppelt werden kann.

Der Motor muss nur in eine Richtung drehen können. Es ist kein

- 32 -

Reversierbetrieb erforderlich. Das System ist sicher, da entkuppelt wird, wenn der Motor in die falsche Richtung dreht oder der Motor und/oder das Getriebe blockiert.

Geringe Einbaumaße.

Die Teile können aus Kunststoff gefertigt werden.

Das System muss nicht auf verschiedene Lastzustände eingestellt werden. Der Regelungsaufwand ist gegenüber den bekannten Lösungen wesentlich geringer.

Fällt der Motor oder eine Getriebestufe aus, schaltet sich die FFE selbständig ab und man hat das normale Pedalgefühl.

Pedalrückstellkräfte sind variabel, da die Motorleistung gesteuert werden kann. Für das Ausführungsbeispiel nach Figur 3 ist besonders wichtig die Mitnutzung der Rotationsenergie und die Umwandlung in Translationsenergie zur Übertragung des Drehmoments. Um die Force-Feedback-Funktion einzuschalten muss lediglich der Motor eingeschaltet werden. Wird der Motor wieder abgeschaltet oder fällt aus, ist auch die Force-Feedback-Funktion wieder ausgeschaltet und man hat das normale Pedalgefühl.

Ausführungsbeispiel 4 gemäß Figur 4a und Figur 4b (01-237)

Die in Figur 4a dargestellte Force-Feedback-Einheit (im Folgenden FFE genannt) wird an der Stelle mit dem Gaspedal verbunden, an der die Translationsbewegung des Pedals 7 bzw. des Pedalgestänges in eine Rotationsbewegung umgewandelt wird. In der Regel ist es die Stelle, an der auch der Drehwinkelsensor angeschlossen wird. Im Ausgangszustand steht der Motor 1 und somit auch das nachgeschaltete Getriebe 13. Der Rückstellkolben 85 kann mit der Stirnfläche auf der Schaltwelle 78 möglichst reibungsarm gleiten, so dass über diesen kein ausreichendes Moment vom Pedalmodul über die Anschlusswelle in die Schaltwelle übertragen werden kann, welches das Getriebe und den Motor der FFE in Rotation versetzt.

- 33 -

Der Rückstellkolben 85 dient dazu, die Schaltwelle 78 bei ausgeschaltetem Motor 1 mit Hilfe der Rückstellfeder 83 in den rechten Endanschlag zu drücken. Dadurch wird gewährleistet, dass die Zahnkränze 82 von Anschlusswelle 74 und Schaltwelle 78 bei ausgeschaltetem Motor nicht im Eingriff sind. Das Lüftspiel soll dabei so klein wie möglich gehalten werden. Die Feder 83 kann aber auch direkt auf die Schaltwelle 78 einwirken.

Soll nun die Force-Feedback-Funktion hinzugeschaltet werden, muss der Motor starten. Infolge der Massenträgheit der Schaltwelle und vor allem aufgrund der verbliebenen Reibung zwischen dem Rückstellkolben und der Schaltwelle wird die Schaltwelle über das Rot-Trans-Getriebe (z. B. Gewindetrieb (siehe auch Ausführungsbeispiel 3), Kugelumlaufgetriebe) ein Stückchen in Richtung der Anschlusswelle 74 hinausgedreht, bevor sie sich mit dem Zahnrad mitdrehen würde. Diese leichte Translationsbewegung der Schaltwelle reicht aus, damit die Zahnkränze 82 der Anschlusswelle und der Schaltwelle in Eingriff gehen und somit die Schaltwelle noch weiter hinausgedreht wird, bis die Zahnkränze im vollen Eingriff sind. Über die Zahnkränze wird nun das Drehmoment vom Motor und dem nachgeschalteten Getriebe in die Anschlusswelle und somit in das Gaspedal übertragen. Die Force-Feedback-Funktion ist eingeschaltet. Für die momentenfeste Verbindung zwischen Schaltwelle und Anschlusswelle kommen neben der Lösung mit den Zahnkränzen auch andere formschlüssige Verbindungen oder auch eine Reibschlussverbindung (siehe auch Ausführungsbeispiel 1 und 3) in Frage.

Wird der Motor wieder ausgeschaltet, drückt die Rückstellfeder über den Rückstellkolben (oder direkt) die Schaltwelle zurück bis zum Anschlag. Damit ist die Anschlusswelle wieder vom Rest der FFE entkoppelt. Der gleiche Mechanismus wirkt, wenn der Motor

- 34 -

oder eine Getriebestufe sich festfrisst.

Für den Fall, dass sich das Rot-Trans-Getriebe festfrisst oder wenn das Pedal 7 übertreten werden soll, muss beim Betätigen des Gaspedals das nachfolgende Getriebe und der Motor mitgeschleppt werden.

Im einzelnen geschieht folgendes. Im Ausgangszustand ist die Zahnkupplung 82 offen, das heißt die Zähne der Kupplung greifen nicht ineinander. Durch die Kraft der Feder 83 wird über einen Rückstellkolben 85 die Welle 78 in Figur 4a nach rechts auf Anschlag gehalten. Läuft der Elektromotor 1 an so wird über das Getriebe 13 mit seinen Zahnradern das Gewinderad 72 in Drehung versetzt. Wie im Zusammenhang mit dem Ausführungsbeispiel 3 beschrieben wird die mit einem Außengewinde versehene Schaltwelle 78 durch das Anlaufen des Gewinderades 72 in Figur 4a nach links herausgedreht bis die Zähne der Zahnkupplung 82 greifen. Auf diese Weise wird die Schaltwelle 78 durch die Antriebswelle 74 festgehalten, so daß die Trägheitskraft der Schaltwelle 78 nicht mehr benötigt wird um die Schaltwelle noch weiter herauszufahren. Schließlich ist die Zahnkupplung 82 auf Anschlag und die Kraft des Motors 1 wird auf einen nicht näher dargestellten Mechanismus übertragen, welcher den Pedalhebel 7 zurückstellt. Wird der Motor 1 abgestellt, etwa weil die ist-Geschwindigkeit auf die Soll-Geschwindigkeit heruntergefahren wurde so drückte die Feder 83 über den Rückstellkolben 85 die Schaltwelle 78 in die Anfangsstellung.

Die in der Abbildung dargestellten Getriebestufen dienen nur der Verdeutlichung der Funktionsweise. Der Motor könnte auch direkt an der Stelle des Zahnrads 72 angeschlossen werden (siehe Ausführungsbeispiel 4b). Welches Getriebe zwischen den Motor und den Freilauf geschaltet wird, ist für die Funktion nicht maßgebend.

- 35 -

Eine alternative Lösungsmöglichkeit zu dem Ausführungsbeispiele nach Figur 4a zeigt seit die Variante nach Figur 4b. Um die Reibung zwischen dem Rückstellkolben und der Schaltwelle so gering wie möglich zu halten und das Mitdrehen der Schaltwelle beim Anfahren des Motors auf jeden Fall zu vermeiden, wird eine zusätzliche momentenfeste Lagerung für die Schaltwelle 78 im Gehäuse vorgesehen (Reibschluss oder Formschluss). Dabei muss auf jeden Fall gewährleistet sein, dass die Schaltwelle immer in die Lagerung einrasten kann. Das heißt die Lagerung 86 ist derart aufgebaut, daß die Schaltwelle 78 gegenüber den Gehäuse des Getriebes 13 axial verschiebbar aber nicht drehbar ist. Die Schaltwelle kann erst dann gedreht werden, wenn sie die Lagerung 86 verlassen hat.

Wird der Motor gestartet, wird das Mitdrehen der Schaltwelle zunächst durch die momentenfeste Lagerung verhindert und die Schaltwelle in Richtung der Schalthülse bzw. Zahnkupplung 82 hinausgeschoben. Wie in dem Ausführungsbeispiel nach Figur 4a) entsteht dadurch wieder eine momentenfeste Verbindung zwischen der Schaltwelle und der Anschlusswelle. Um mögliche Toleranzen ausgleichen zu können, ist für einen kurzen Übergang die Schaltwelle zusätzlich an der momentfesten Lagerung abgestützt. Da die Schalthülse, die momentenfest mit der Anschlusswelle verbunden ist, nach in der Figur nach links ausweichen kann, wird die Schaltwelle 78 noch weiter hinausgedreht und ist am Ende sicher nicht mehr mit der momentenfesten Lagerung 86 im Eingriff. Das Motormoment wird von der Schaltwelle über die Schalthülse in die Anschlusswelle und damit in das Pedalmodul übertragen. Das Abschalten der Force-Feedback-Funktion und das Versagensverhalten entspricht der Ausführungsform nach Figur 4a .

- 36 -

Vorteile

Der Motor muss nur ein- bzw. ausgeschaltet werden.

Es ist keine Positionserkennung für den Motor erforderlich.

Der Motor muss nur in eine Richtung drehen können. Kein Reversierbetrieb erforderlich.

Geringe Einbaumaße.

Die Teile können aus Kunststoff gefertigt werden.

Das System muss nicht auf verschiedene Lastzustände eingestellt werden. Der Regelungsaufwand ist gegenüber den bekannten Lösungen wesentlich geringer.

Fällt der Motor oder eine Getriebestufe aus, schaltet sich die FFE selbständig ab und man hat das normale Pedalgefühl.

Für das Ausführungsbeispiel nach Figur 4 ist folgendes besonders wichtig:

Um die Force-Feedback-Funktion einzuschalten muss lediglich der Motor eingeschaltet werden. Wird der Motor wieder abgeschaltet oder fällt aus, ist auch die Force-Feedback-Funktion wieder ausgeschaltet und man hat das normale Pedalgefühl.

Statt den im Ausführungsbeispiel nach Figur 4 verwendeten Zahnkränzen können auch andere formschlüssige bzw. reibschlüssige Verbindungen verwendet werden. Auch für die momentenfeste Lagerung kann entweder eine formschlüssige oder reibschlüssige Verbindung verwendet werden. Die in den Bildern dargestellten Getriebestufen können durch jede andere Getriebeform ersetzt werden und sind für die Funktion des drehmomentgesteuerten Freilaufs nicht entscheidend.

Ausführungsbeispiel 5 gemäß Figur 5a bis Figur 5f (1-248)

- 37 -

Für die FFP-Funktion ist es unter Umständen besonders wichtig, daß eine für eine für komfortable Funktion unerläßliche Systemsteifigkeit ausreichend dargestellt werden kann. Die Kennlinie gemäß Figur 5a zeigt einen in der Praxis geforderten Verlauf der Pedalkraft über den Einstellwinkel des Pedals (siehe auch Figur 8b). Bei einer bestimmten Winkelstellung des Pedalhebels 7 wird zur weiteren Verstellung des Pedals über einen nur kleinen Winkel (zum Beispiel 1 Grad) eine sehr viel größere Kraft an dem Pedal benötigt. Dieser Sprungs ist notwendig um dem Fahrer einen Hinweis zugeben, daß die eingestellte Soll-Geschwindigkeit hinreichend überschritten wurde.

In Figur 5c wird gezeigt, wie die Gegenkraft F_{System} gegen einen gegenüber dem Fahrzeug festen Anschlag 87 einwirkt, der eine durch die Hebelübersetzung vergrößerte Gegenkraft F_{Rea} in das Gehäuse ableitet. Die Skizze Figur 5d zeigt dann wie die Kraft F_{System} von der mit dem Pedal fest verbundenen Koppelstange 50 übernommen wird, wobei der Übertragungshebel 88 von dem Anschlag abhebt.

Es wird in der Ausführungsform nach Figur 5e vorgeschlagen einen mechanischen Anschlag einzuführen, der gegenüber dem Aufbau des Fahrzeugs unbeweglich ist. Der Aufbau des in Figur 5e gezeigten Pedalmoduls ist mit dem in Figur eines dargestellten Modul weitgehend identisch, so daß Einzelheiten hier nicht nochmals wiederholt werden sollen. Die dort angegebene Beschreibung der grundsätzlichen Komponenten eines Pedalmoduls gelten auch für Figur 5e. Die sprechenden Bezugszeichen aus Figur 1 wurden in Figur 5e analog eingetragen an so daß die Beschreibung aus Figur 1 auch auf Figur 5e gelesen werden kann.

Nachfolgend wird das Pedal Modul gemäß Figur 5e beschrieben soweit ein Ausführungsbeispiel für die erfindungsgemäße Vorrichtung

betroffen ist.

Ein Motor 1 treibt über ein Schneckengetriebe 90 einen Drehhebel 91 an, der so mit einer vorgegebenen Kraft mit seinem Ende gegen den Anschlag 87 gepreßt wird. Es wird also die von dem Motor ausgeübte Kraft von dem Anschlag 87 aufgenommen und in das Gehäuse 23 abgeleitet. Dabei muß der Motor nicht ständig angetrieben werden. Es genügt, wenn der Motor erst dann anläuft, wenn der Tempomat eingeschaltet wird oder aber auch erst dann eingeschaltet wird, wenn sich während der Einschaltung des Tempomats der Fuß dem Gas-Pedal nähert. Es ist auch denkbar, daß der Motor erst dann eingeschaltet wird, kurz bevor die Ist-Geschwindigkeit die Soll-Geschwindigkeit erreicht. Durch die Schwenkbewegung des Pedals 7 um die Achse 89 wird eine Kupplungsstange 92 in Figur 5e nach links bewegt. Zu dem Zeitpunkt bzw. der Winkelstellung des Pedals, bei der die gegen die Fußkraft wirkende Gegenkraft aufgebracht werden soll, rastete eine Kupplung 93 ein, welche den Drehhebel 91 mit der Kupplungsstange 92 verbindet. Danach wirkt die von der dem System bzw. Motor 1 aufgebrachte Gegenkraft schlagartig der Betätigungskraft auf das Pedal entgegen (siehe Figur 5b bis Figur 5d). Dies garantiert einen harten Kraftsprung am Pedal, wie gefordert.

Eine mögliche Ausführungsform ist wie erläutert in Figur 5e dargestellt. Zu sicheren Funktion, die ein Steckenbleiben des Pedals in Normalfunktion d.h. Offenbleiben der Drosselklappe bzw. der Einspritzpumpe verhindert wird eine entkoppelte Betätigungsstange 92 für die FF-Funktion vorgeschlagen. Die Kupplung bestimmt den Krafteingriffspunkt A , während Motor und Getriebe D nur für die Regelung des Kraftverlaufes zuständig sind.

In Figur 5f sind die in den Figuren 5b bis 5d erläuterten Zusammenhänge nochmals in etwas anderer Form dargestellt. Während des

- 39 -

oben in der Figur gezeigten Zustand 1 wird der durch die Kraft F_{Motor} der Aufschlag der Drehhebel durch einen Anschlag festgehalten, so daß die beiden Kräfte an dem Drehhebel sich die Waage halten. Wegen der Hebelwirkung ist F_{Motor} etwas größer als F_{Anschlag} , wie dies in der unten in der Figur gezeigten Abhängigkeit der Kräfte von dem Drehwinkel des Pedals dargestellt ist. Während des Zustands 2 steigt die Kraft F_{Pedal} soweit an, daß sie der Kraft F_{Motor} etwa die Waage hält. Die beiden Linien F_{Motor} und F_{Pedal} fallen danach in etwa zusammen. Wird die Kraft F_{Pedal} anschließend etwas größer als F_{Motor} , so hebt der Drehhebel 91 von dem Anschlag ab und entfernte sich somit von diesem (Zustand 3). Es zeigt sich daher, daß beim Übergang von Zustand 2 auf Zustand 3 die Pedalkraft schlagartig zusätzlich auch noch gegen die Motorkraft F_{Motor} wirken muß.

Ausführungsbeispiel 6 gemäß Figur 6

(1-242)

Die Arbeitsweise des Ausführungsbeispiels nach Figur 6 ist der von Figur 5 sehr ähnlich. Der wesentliche Unterschied besteht darin, daß keine rastende Kupplung (93 in Figur 5e) vorgesehen ist sondern der Anschlag 87 in seiner Lage veränderbar ist. Bei abgeschaltetem Tempomat befindet sich der Anschlag in einer Ruheposition. Während der Tempomat im Betrieb ist wird der Anschlag 87 fortlaufend in die Position gefahren, in der ggf. bei der entsprechenden Winkelstellung des Pedals die Gegenkraft auf das Pedal wirken soll. In dieser Stellung greift dann ein zugeordneter Nocken 94, der fest mit der Kupplungsstange 92 des Pedals 7 verbunden ist, an dem Ende des Drehhebels 91 an, so daß die Gegenkraft schlagartig an dem Pedal wirksam wird. Die Funktion der Kraftbeaufschlagung auf die Pedalplatte wird erreicht durch einen E-Motor 1, der über ein Getriebe 90 und eine Kupplung 93, die vorzugsweise eine Rutschkupplung ist, auf die Koppelstange 92 der

- 40 -

E-Gas-Betätigung wirkt. Bei der Kolbenstange 92 kann es sich auch um den Koppelhebel 50 wie in Figur 1 gezeigt, handeln. Es ist also nicht unbedingt eine parallel zu dem Koppelhebels 50 verlaufende Kupplungsstange 92 notwendig. FFP-Aktuator und Kupplungsstange sind dabei nur in einer Richtung über Formschluß koppelbar (Anschlag), nämlich in der Betätigung Richtung des Pedals. Die Rutschkupplung diente dazu sicherzustellen, daß das Pedal immer betätigt werden kann z. B. bei einer Blockade von Motor, Getriebe oder bei Massenträgheiten.

Bei ausgeschalteter Tempomat - Funktion fährt der Anschlag 87 in Ruheposition und es ergibt keine Massenträgheiten von Motor und Getriebe im Kraftschluß.

Vorteil: Der Mechanismus ist völlig entkoppelt von dem E-Gas-Mechanismus. Hysterese (siehe Figur 8b) Sicherheits- und alle Pedalcharakteristik- Funktionalität (siehe Figur 5a) ist unbeeinflusst.

Ausführungsbeispiel 7 gemäß Figur 7

(1-257)

Das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 7 stellt eine Verbesserung des Ausführungsbeispiel gemäß Figur 6 dar. Dabei wurde die Funktion des Anschlags verbessert. Im übrigen ist der Aufbau dieses Ausführungsbeispiels der gleiche wie im Zusammenhang zum Beispiel mit Figur 1 und Figur 6 beschrieben.

Über den Koppelhebel 50 wirkt das schwenkbare Pedal wie üblich auf eine Kurvenscheibe 3, an der ebenfalls eine Rückstellfeder 4 zum Rückziehen des Pedals angreift. Ein Stellmotor 96 zieht eine Spiralfeder 97 entgegen dem Uhrzeigersinn auf einem Schneckenrad 95 entgegen einem mit dem Schneckenrad fest verbundenen Anschlag 87 auf. Damit hat das Schneckenrad 95 eine Vorspannung entgegen dem Uhrzeigersinn, die von der Spiralfeder 97 auf den Anschlag 87

- 41 -

auf dem Schneckenrad 95 ausgeübt wird. Auf dem FF-Schneckenrad 95 wird über die Spiralfeder 97 somit eine im Grundkraft aufgebracht, die dieses Schneckenrad vorspannt. Durch den Stellmotor 96 wird also beispielsweise durch eine Drehung des Schneckenrades 95 im Uhrzeigersinn über den mit dem Schneckenrades verbundenen Anschlag 87 die Spiralfeder 97 aufgezogen. Überschreitet die Ist-Geschwindigkeit die Soll-Geschwindigkeit, so läuft der Kraftmotor 98 an und dreht das Schneckenrad 95 entgegen der Kraft der aufgezogenen Spiralfeder 97 in die gewünschte Lage, in der sich ein dem Schneckenrad 95 verbundener Pedalanschlag 99 gegen den Pedalhebel 7 anlegt. Durch das Verdrehen des Schneckenrades 5 mittels des Motors 98 wird die Spiralfeder 97 noch weiter aufgezogen. Hierdurch läßt sich eine erhebliche Gegenkraft bei einem vergleichsweise kleinen Kraftmotor 98 erzielen. Der Stellmotor 96 hält den Anschlag entgegen der Gegenkraft in der gewünschten Lage. Auf diese Weise kann der Stellmotor das FF-Schneckenrad über dessen Anschlagstift mit dem daran angekoppelten Pedalanschlag in die gewünschte Winkelstellung fahren, in der dann der Kraftmotor und die Spiralfeder gemeinsam als Gegenkraft solange gegen den Anschlag wirken, bis das Pedal auf das freie Ende des Pedalan-schlags einwirkt und somit einer entsprechenden Gegenkraft unterliegt.

Der Anschlag wurde derart ausgelegt, daß eine Positionseinstellung während des Vorgangs der Kraftregelung möglich ist. Weiterhin sind zwei Federn vorgesehen, die die Krafterzeugung der Motoren unterstützt, so daß diese kleiner dimensioniert werden können, was angesichts des stark beschränkten Bauraums sehr wichtig ist. Durch die ein Moment aufbringenden Federn sinkt der Kraftbedarf der Motoren .

Ausführungsbeispiel 8 gemäß Figur 8a bis Figur 8f (1-238)

- 42 -

Bei heutigen, passiven Betätigungsmodulen werden zur Simulation einer geforderten Kraft/Weg-Kennlinie häufig Federn eingesetzt, die über Seilzüge mit dem Betätigungselement verbunden sind. Insbesondere bei Fahrpedalen ("E-Gas") wird dieses Prinzip häufig angewendet. Figur 8a zeigt eine typische Realisierung, bei der die Bewegung von der Trittplatte eines Pedalhebels 7 über einen als Gelenkstab gestalteten Koppelhebel 50 auf eine Kurvenscheibe 3 übertragen wird. Diese wiederum wickelt ein Seil auf, das an einer als Rückstellfeder 4 dienenden Zugfeder befestigt ist. Oft werden aus Gründen der Redundanz mehrere Seile und Zugfedern verwendet. Die Konstruktion nach Figur 8c wird als Passives Fahrpedal bezeichnet.

Zur besseren Information des Fahrers werden auch Module gewünscht, bei denen aktiv, also steuer- oder regelbar, eine Kraft zusätzlich zu der passiven Grundkennlinie aufgebracht werden kann. Figur 8b zeigt den geforderten Verlauf als Anforderung an die Pedalkennlinie.

Figur 8a zeigt einen möglichen Lösungsansatz, bei dem ein Elektromotor 1 über ein Getriebe 13 parallel zu den passiven Elementen arbeitet und immer mitbewegt wird.

Die Ausführungsbeispiele nach Figur 8d und Figur 8e schlagen ein Lösungsprinzip vor, welches den Seilzug der passiven Module für die geforderte aktive Funktion nutzt. Durch ein Stellglied werden eine oder mehrere Rollen 100 so bewegt, dass durch Umlenkung des Seiles eine zusätzliche Auslenkung der Feder 4 und damit eine höhere Gesamtkraft bewirkt wird. Die Figuren 8d bis 8f zeigen mehrere Beispiele für die Anordnung der Rollen und ihre Bewegung, wobei in Figur 8d ein Elektromotor 1 als Stellglied verwendet

- 43 -

wird, und in Figur 8e und Figur 8f ein Hubmagnet 101. Die Ausführungsform nach Figur 8f kommt ohne Seilrollen aus, hier wird durch einen Hubmagneten 101 direkt der untere Lagerpunkt der Feder 4 bewegt und so eine Verlängerung der Feder 4 und damit eine Krafterhöhung bewirkt.

Im einzelnen zu den Ausführungsformen mit aktiven Elementen am Seilzug nach Figur 8d bis Figur 8f folgendes auszuführen:

Dieses Prinzip unterscheidet sich durch mehrere Merkmale von anderen Konzepten ähnlich der Ausführungsform nach Figur 8c.

Merkmal I) Die Stellglieder sind nicht mit der Pedalbewegung gekoppelt, sie machen nur eine Zustellbewegung. Hindurch ergeben sich folgende Vorteile:

a) Wird das Pedal rein passiv betrieben, beeinflussen die aktiven Komponenten die passive Kennlinie in keiner Weise; sie sind entkoppelt.

b) Ein Ausfall der aktiven Komponenten führt normalerweise zu dem unter a) genannten Vorteil; selbst im seltenen Fall des Klemmens des Moduls in einer verspannten Position ist ein Betätigen des Pedals weiterhin möglich, wenn auch bei höheren Kräften.

c) Stellweg und -geschwindigkeit des Aktors sind nicht mehr direkt an Pedalweg und -geschwindigkeit gekoppelt. In der Regel kann dadurch der Stellweg wesentlich kleiner sein als der Pedalweg.

Werden nur zwei Schaltpunkte gefordert (passiv sowie passiv plus festen Offset) kann für den geringen Weg auch ein Hubmagnet als Aktor verwendet werden. Dieser zeichnet sich durch hohe Dynamik und geringe Kosten gegenüber einem E-Motor aus.

d) Ungleichförmigkeiten am Antrieb, z.B. durch Ruckeln des Motors oder Zähneeingriff eines Getriebes, werden am Fuß viel weniger

- 44 -

spürbar als bei direkter Verbindung.

Merkmal II) Das Stellglied ist in den Kraftfluss so eingebunden, dass die Kraft bzw. das Moment am Aktor ein Maß für die gesamte Pedalkraft darstellt. Hierdurch ergeben sich folgende Vorteile: Die gesamte Pedalkraft (passiv und aktiv) kann - insbesondere bei Verwendung eines Elektromotors - durch Steuerung des zugeführten Stroms ausreichend genau eingestellt werden. Dazu ist keine weitere Sensorik notwendig.

Ausführungsbeispiel 9 nach Fig. 9a und Fig. 9b

(01-275)

Auch bei diesem Ausführungsbeispiel wurden für die bei einem Pedalmodul üblichen Bauelemente die schon in den vorangegangenen Beispielen verwendeten Bezugszeichen wiederverwendet. Insofern kann die Beschreibung der obigen Ausführungsbeispiele auch für das Ausführungsbeispiel nach Fig. 9 gelten. An Im Normalzustand ist die hohle Spindel 5 (nachfolgend vielfach auch als Spindel-Hülse 5 bezeichnet) wie in Fig. 9a angedeutet, in ihrer oberen Endstellung. Die von dem Seil 8 nach oben gerichtete Kraft wird über eine Hülse 2 und eine als Druckfeder ausgestalteten Feder 9 auf eine innere Anschlag-Hülse 107 übertragen. Dabei kann man sich die Druckfeder 9 als Hohlzylinder vorstellen, da sie sehr steif ist. Somit wird im Ergebnis die den Seil 9 nach oben ziehende Kraft auf die Rückzug-Feder 4 übertragen.

Die Funktionsweise des Ausführungsbeispiels 9 gem. Fig. 9a und 9b ist bei aktivem Pedal wie folgt.

Bei der aktiven FFP-Funktion ist es notwendig jederzeit das Gaspedal 7 betätigen zu können. Aus diesem Grund ist eine Übertret-

- 45 -

funktion dann notwendig, wenn das Gaspedal aktiv zurückgestellt wird, der Fahrer aber dennoch beschleunigen will. Der E-Motor (1) treibt eine Kugelgewindemutter beziehungsweise Gewindehülse 11 an, hier mittels eines Zahnriemenantriebes 6, wobei die Spindel 5 gegen die Anschlaghülse 106 fährt (siehe Anlagestelle 10 in Fig. 9a), und somit über die Seilzughülse 2 am Seil 8 zieht. Die Kraft wirkt auf das Gaspedal. Anders ausgedrückt, für den Fall, daß eine zusätzliche entgegen der auf das Pedal eingespeisten Kraft wirkende Kraft gefordert wird, treibt gem. Fig 9b ein Motor den Zahnriemen 6 an, so daß die Spindel 5 in der Zeichnung nach unten bewegt wird. Dabei nimmt sie die Anschlag-Hülse 107 mit, die über die steife Feder 9 und die Seilzug-Hülse 2 das Seil 8 nach unten zieht. Es wirkt also die Kraft des Motors 1 parallel zu der Kraft der Rückzugfeder 4.

Der Fahrer kann jederzeit das Gaspedal so stark niedertreten (übertreten) und somit den Sensor betätigen, daß die Vorspannkraft der vorgespannte Druckfeder 9 "zusammenbricht" und somit wieder Hub zuläßt.

Das eine der beiden Seile 8 ist über die Hülse 2, 107 kraftschlüssig mit einer der beiden Rückzugsfedern 4 verbunden. Das andere Seil bleibt hiervon unberührt. Ebenso wie bei den Ausführungsbeispielen nach Fig. 10 und 11 ist die äußere Feder 9 der beiden gegeneinander verschachtelten Federn 9. 4 sehr steif.

Schließlich kann der Fall eintreten, daß der Fahrer die rückstellende Kraft überwinden will (übertreten), wodurch dann die entsprechende Winkel-Stellung für die Einstellung des Gashebels für das Fahrzeug erreicht werden kann. Hierdurch wird der Motor entgegen seiner eigentlichen Drehrichtung reversiert. Blockieren der Motor oder das Getriebe oder sind die Trägheitskräfte infolge ho-

- 46 -

her Betätigungsgeschwindigkeiten zu groß, so gibt die Druckfeder 9 nach. Für den Normalfall gilt, daß durch die Kraft des Fahrers über die steife Feder 9 die Spindel ein Stück nach oben verschoben wird. Das kann dann passieren, wenn der Antrieb der Spindel nicht selbst hemmend ist. Dabei kann durch die Längsbewegung der Spindel die Spindel-Mutter 11 in Drehbewegung gesetzt werden, wobei diese Drehbewegung über den Zahnriemen 6 auf den Motor 1 übertragen wird, der hierdurch angetrieben wird. Voraussetzung für diese Konstruktion ist, daß die Spindel 5 längs beweglich aber nicht drehbar gelagert ist während die Spindel-Mutter 11 drehbar aber nicht längs verschiebbar angeordnet ist. Für das Ausführungsbeispiels ist folgendes besonders wichtig: Entkoppelung des Zugseils und Zwischenschaltung eines, nach einer bestimmten Kraft wirkenden nachgiebigen Bauteils, radial um das aktive Betätigungsglied herum angeordnet.

Vorteile

Das Packaging Problem wird durch die Anordnung der Übertrittfeder 9 um die Kugelgewindespindel herum gelöst (Schachtelung). Eine Hintereinanderanordnung wäre an dieser Stelle (mehrere Hübe hintereinander) nicht möglich.

Betriebssichere Lösung durch Verwendung im Einzelnen einfacher Bauteile.

Preiswert

Durch Riementrieb leise, keine Übertragung von Schwingungen
Die Teile können aus Kunststoff gefertigt werden.

Ein Drehwinkelsensor kann an der vom Kunden vorgesehenen Stelle bleiben

Spindelmutter als Vielfunktionsteil mit integriertem Axiallager und Antriebsfunktion durch E-Motor
Modulbauweise möglich.

- 47 -

Ausführungsbeispiel 10 gem. Fig. 10

(1-270)

Dieses Ausführungsbeispiel hat hinsichtlich seiner normalen Funktionen den weiter oben schon beschriebenen üblichen Aufbau und arbeitet wie folgt. Im Ausgangszustand ist die Spindel des als Kugelgewindegetriebe ausgestalteten Getriebes 13 in Figur 10 ganz nach links gefahren und es liegt die normale Pedalfunktion vor, wie sie weiter oben schon vielfach beschrieben wurde. Die Spindel 5 ist rotatorisch fixiert und kann sich nur in axialer Richtung bewegen. Für die Funktion darf das Getriebe 13 nicht selbsthemmend sein. Ist die Force-Feedback-Funktion zur Erzeugung einer zusätzlichen Rückstellkraft (im folgenden des vielfach als Stellkraft bezeichnet) eingeschaltet, dreht der Motor 1 über Kegelräder eine Gewindehülse und hierdurch fährt die Spindel 5 an die Position, bei der die Stellung des Pedals 7 der voreingestellten Soll-Geschwindigkeit entspricht. Wird die voreingestellte Geschwindigkeit und damit die Sollstellung des Pedals übertreten, wird die Spindel vom Pedal 7 nach links gedrückt und der Motor reversiert. Durch die fehlende Selbsthemmung erfüllt die aus Motor 1 und Getriebe 13 bestehende Einrichtung somit die gleichzeitig die Funktion des Übertretens. Durch die wirksame Kraft des Motors 1 wird die Pedalkraft auf den voreingestellten Wert erhöht. Wird die Force-Feedback-Funktion ausgeschaltet, fährt die Spindel durch eine entsprechende Ansteuerung des Motors wieder in die Ausgangsposition.

Über den Koppelhebel 50 die Kurvenscheibe 3 und die Rückstellfeder 4 wird die übliche Rückstellkraft für das Pedal 7 aufgebracht. Die zusätzliche Kraft gegen das Pedal 7 entsteht dadurch, daß das Pedal das Ende der Spindel 5 erreicht und auf dieser aufsetzt. Da das Gewinde nicht selbst hemmend ist, wird die Spindel in ihrer Längsrichtung verschoben wobei über die vielfach als

- 48 -

Spindelmutter bezeichnete Gewindehülse 11 eine Rotationskraft auf die Motor - Welle ausgeübt wird. Der Motor wird also nicht nur zur Verstellung der Spindel in ihrer Längsrichtung und damit zur Verstellung des Anschlags ausgenutzt. Zusätzlich wird durch den Motor auch noch eine Gegenkraft ausgeübt. Diese läßt sich noch dadurch verstärken, in dem bei einem von dem Pedal auf den Motor ausgeübten Drehmoment der Motor elektrisch derart geschaltet wird, daß er aktiv gegenüber diesem Drehmoment einen Widerstand leistet. Praktisch kann das bedeuten, daß man eine entsprechende Spannung an die Wicklungen des Motors anlegt. Die Feder 9 dient zur Sicherheit der erfindungsgemäßen Vorrichtung. Sollte der Motor blockieren so ist es immer noch möglich die Spindel 5 gegen die Feder 9 axial zu verschieben und damit das Pedal 7 übertreten zu können. Für das hier beschriebene Prinzip ist folgendes sehr wichtig.

Die Rotationsbewegung des Elektromotors wird in eine Translationsbewegung umgewandelt, welche die Pedalbewegung in Richtung Vollaststellung behindert.

Vorteile:

Sehr guter Wirkungsgrad des Kugelumlaufgetriebes

Gutes Packaging

Die Teile können aus Kunststoff gefertigt werden.

Ausführungsbeispiel 11 gem. Fig. 11

(1-270)

Hinsichtlich der normalen Funktionen des Pedalmoduls zeigt Fig. 11 wiederum den üblichen Aufbau. Bei dieser erfindungsgemäßen Lösung wird die Kraft für die Force-Feedback-Funktion in eines der das Pedal 7 zurückholenden Seile 8 für die standardmäßig eingebauten Pedalrückzugfedern 4 eingeleitet. Hierfür wird an dem Seil

- 49 -

8 ein Anschlag 87 angebracht. Die Spindel des Kugelumlaufgetriebes 13 ist als Hohlwelle ausgeführt und hat am oberen Ende einen verengten Querschnitt, über den das Seil 8 mit dem Anschlag 87 nach unten gezogen werden kann.

Bei ausgeschalteter Force-Feedback-Funktion wird die Spindel 13 in Fig. 11 durch eine entsprechende Ansteuerung des Motors 1 ganz nach oben gefahren, so dass der Anschlag 87 am Seil 8 mit der Spindel 5 nicht in Eingriff kommen kann. Man kann in diesem Fall die obere eine große Federkonstante aufweisende Feder 9 als Stab angesehen, der ein Stück weit in die hohle Spindel eintaucht.

Ist die Force-Feedback-Funktion eingeschaltet, fährt die wegen der durch den Elektromotor in Drehung versetzten Gewindehülse 11 nach unten fahrende Spindel an die Position, bei der die Pedalstellung der voreingestellten Geschwindigkeit entspricht. Wird die voreingestellte Geschwindigkeit und damit die Sollstellung des Pedals übertreten, wird die Spindel nach oben gezogen und der Motor reversiert. Auf diese Weise wird die benötigte Pedalkraft auf den voreingestellten Wert erhöht. Um bei einem Ausfall der Force-Feedback-Einheit zum Beispiel der Blockade des Motors 1 die Standardfunktion des Gaspedals zu gewährleisten, ist die Feder 9 zwischen dem Seil und dem Anschlag angebracht. Die Vorspannung der Feder ist so hoch, dass eine Auslenkung dieser erst bei einer Kraft höher der maximalen Force-Feedback-Kraft möglich ist. Die Position der Feder 9 für die Obertretfunktion und Sicherheitsfunktionen ist nicht auf die im Bild dargestellte Position festgelegt. Statt einem Kugelumlaufgetriebe kann jedes andere Getriebe verwendet werden, dass eine Rotationsbewegung in eine Translationsbewegung umwandelt.

Ausführungsbeispiel 12 gem. Figur 12

(1-269)

- 50 -

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 12 wird der Pedalhebel 7 im Normalzustand wie weiter oben beispielsweise in Zusammenhang mit Figur 1 beschrieben in der üblichen Weise zurückgestellt. Dabei drückt eine in Figur 12 nicht dargestellte Rückzugfeder über die Kurvenscheibe 3 und den Koppelhebel 50 sowie den Drehhebel 51 den Pedalhebel 7 in Richtung seiner Ausgangslage zurück. Nachfolgend werden in diesem Ausführungsbeispiel nur die Merkmale näher beschrieben die zur Erzeugung einer zusätzlichen Stellkraft dienen, welche über die übliche Rückstellkraft hinaus schlagartig auftritt, sobald die ist-Geschwindigkeit die soll-Geschwindigkeit überschreitet. Hierzu dient ein Motor 1, welcher über ein Getriebe 13 und eine Feder 48 einen in dem Gehäuse 23 aufgehängten Kipphebel 103 gegen einen Anschlag 87 zieht und damit das freie Ende dieses Kipphebels vorspannt. Der Motor 1 kann dann Anlauf, wenn für das Fahrzeug, auf beispielsweise in einen Tempomat) die soll-Geschwindigkeit vorgegeben wird oder aber erst dann anlaufen, wenn die ist-Geschwindigkeit die soll-Geschwindigkeit fast erreicht hat.

Das hier in Figur 12 vorgestellte Prinzip löst das Packaging Problem in der Weise, daß das Gaspedal 7 nicht nur eine Trittplatte ist, sondern vielmehr weitere Funktionen übernehmen kann, die in der Platte integriert sind. In der Skizze in Figur 12 dargestellt ist z.B. eine Anschlagpositionierung. Mit einem Position-Motor 104 wird über eine Spindel 41 ein Scherenhebel 42 betätigt. Als Folge wird die Bewegungsrichtung geändert (wirkt senkrecht zum Pedal) und die Betätigungsstange 43 taucht mehr oder weniger tief in das Pedalgehäuse 23 ein. Im Pedalgehäuse ist genügend Platz für die Anschlagkraftverstellung 44, zu der unter anderem der Motor 1 und das Getriebe 13 gehören.

- 51 -

Bei dem Ausführungsbeispiel ist das Pedal 13 auf der rechten Seite von Figur 12 am unteren Ende drehbar gelagert. Die normale Rückstellkraft wird wie in Figur 1 oder Figur 10 aufgebracht. Die zusätzliche Rückstellkraft läßt sich durch die Verstellung 44 mittels eines Motors 1 ändern, wie dies bereits in der Patentanmeldung 101 53 837.5 beschrieben ist. Dabei wird eine axial nicht verstellbare aber drehbarere Spindelmutter 105 durch den Motor 1 angetrieben und verschiebt somit einen Anschlag-Spindel 106 in ihrer Längsrichtung. Hierdurch wird die Zugkraft der Feder 48 vergrößert, welche gegen den Anschlag 87 wirkt. Der Anschlag ist dabei ortsfest. Eine entsprechende Spindel 41 ist auch in dem Gehäuse der Pedale vorgesehen. Durch die Spindel 41 kann die Lage der Betätigungsstange 43 geändert werden, die in einer Führungshülse 47 geführt wird. Sobald die Betätigungsstange an dem Dämpfer 45 anschlägt muß das Pedal zusätzlich zu der nicht dargestellten normalen Pedalkraft auch noch die Kraft der dargestellten Feder 48 überwinden. Die Position ab der diese zusätzliche Kraft gegen das Pedal wirkt hängt von der Stellung des Scherenhebels 42 ab. Damit Anschlaggeräusche zwischen Betätigungsstange und Anschlagshülse (47) vermieden werden, ist das Dämpfungselement (45) vorgesehen das den Anschlag der Betätigungsstange 43 dämpft.

Hierdurch sind folgende Vorteile gegeben: Lösung des Packaging Problems und Dämpfung des Anschlaggeräuschs.

Entscheidender Punkt des Ausführungsbeispiels: Aufteilung der Funktionen auf das Pedalgehäuse 23 und die Trittplatte beziehungsweise Pedalhebel 7 und die Anschlaggeräuschkämpfung.

Bei den oben angegebenen Lösungen wird ein verstellbarer Anschlag eingesetzt. Je nach Stellung des Anschlags wirkt das Motormoment bei einer bestimmten Pedalstellung entgegen der Pedalkraft. Die

- 52 -

Stellung des Anschlags muss nicht nur der gewünschten Fahr-
geschwindigkeit angepasst werden, sondern auch der Fahrsituation.
Bei einer schon vorgeschlagenen Lösung wird der Anschlag mittels
einer verstellbaren Seillose verwirklicht.

Ausführungsbeispiel 13 gem. Figur 13

(1-218)

Magnetpulverbrem sen (MPB) sind Konstruktionselemente, bei denen
ein schmaler Spalt zwischen zwei Reibkörpern mit Magnetpulver ge-
füllt ist. Durch Anlegen eines Magnetfeldes richten sich die Par-
tikel des Pulvers aus, das Reibmoment vervielfacht sich dadurch,
wobei sich das Reibmoment weitgehend linear zur Stärke des Ma-
gnetfeldes und konstant über der Geschwindigkeit verhält.

Gegenstand dieses Ausführungsbeispiels 13 ist die Verwendung sol-
cher Bremsen in Bedienelementen von By-Wire-Systemen. Wird eine
MPB im Kraftfluss parallel zu einer als passives Federelement
dienenden Rückzugfeder 4 geschaltet, so erhöht sich die passiv
erzeugte von der Rückzugfeder 4 erzeugte, auf das Pedal 7 wirken-
de Kraft um die Reibkraft. Da diese Reibkraft innerhalb ihrer
Grenzen durch Änderung des Magnetfeldes frei wählbar ist, kann
die Gegenkraft durch entsprechende Regeleinrichtungen in Abhän-
gigkeit von z.B. Lage, Bewegungsrichtung und Geschwindigkeit des
Bedienelements, Fahrzeuggeschwindigkeit etc. erzeugt werden.

Vorteil gegenüber anderen aktiven Elementen:

- geringerer Stromverbrauch als E-Motor bei gleichem Moment
- bei Ausfall der MPB oder ihrer Ansteuerung bleibt lediglich
die Grundreibung zurück, es treten keine Drehmomentschwankungen
(Ruckeln) wie beim Drehen eines unbestromten E-Motors auf
- kleinerer Bauraum als E-Motor
- wesentlich geringere Temperaturempfindlichkeit als MR-
Dämpfer

- 53 -

- kostengünstig durch einfachen Aufbau

Beispiel EMB (Elektromechanische Bremse):

Bei einem Pedalsimulator könnte die MPB auf der Drehachse des Pedals angeordnet werden. Ein Freilauf verbindet Pedal und MPB beim Betätigen des Pedals und trennt beim Lösen. Dadurch wirkt die (regelbare) Kraft der MPB nur beim Betätigen, was ein Lösen auch dann sicherstellt, wenn das Reibmoment der MPB größer ist als das durch das passive Element bewirkte Rückstellmoment.

Die hemmende Kraft bei der Betätigung des Pedals 7 beziehungsweise die der Pedalkraft des Fahrers entgegenwirkende Kraft wird dadurch herbeigeführt, in dem über die Stromzufuhr 102 ein entsprechendes Magnetfeld an die Magnetpulverbremse angelegt wird. Zur Erzeugung eines entsprechenden Magnetfeldes wird wiederum ein entsprechend großer Strom einer geeigneten Spule zugeführt. Die Auslösung dieses Vorgangs geschieht durch das Ausgangssignal einer Steuerung, welche durch die Fahrzeug-Dynamik anzeigende Parameter angesteuert wird. Das Ausgangssignal der Steuerung kann aber auch durch extern zugeführte Signale ausgelöst werden, etwa durch eine Anordnung, die in Verbindung mit einer Geschwindigkeitsbeschränkung an einer Fahrstrecke angeordnet wird. In diesem Fall muß die Magnetpulverbremse allerdings nur mit dem Gaspedal verknüpft sein, da der Fahrer nicht daran gehindert werden soll zu Bremsen sondern nur die Motorleistung zurücknehmen soll. Die nach dem Ansprechen der Magnetpulverbremse zum Erreichen der gleichen Pedalstellung schlagartig benötigte höhere Betätigungskraft gibt dem Fahrer nicht nur einen Hinweis darauf, die Stellung des Gaspedals zurückzunehmen sondern vermittelt ihm zusätzlich noch den Eindruck durch den Einsatz einer höheren Betätigungskraft auch eine entsprechende Stellung des Gaspedals erreicht zu haben als es in Wirklichkeit der Fall ist. Auf diese Weise wird der Fahrer unbewußt dazu angehalten die eingestellte

- 54 -

soll-Geschwindigkeit einzuhalten.

Ausführungsbeispiel 14 gem. Fig. 14a, 14b und 14c (2-028)

Das Ausführungsbeispiel nach den Figuren 14a bis 14c lehnt sich an das in Figur 9 beschriebene Ausführungsbeispiel 9 an. Die dort gemachten Ausführungen gelten also auch für das nachfolgend beschriebene Ausführungsbeispiel 14 der vorliegenden Anmeldung soweit nicht Abweichungen betroffen sind, die nachfolgend beschrieben werden. Bei dem Ausführungsbeispiel 9 greifen die übliche Rückzugfeder 4 und die Feder 9, die im Bedarfsfall eine zusätzliche, in Richtung Rückstellung des Pedals wirkende Kraft aufbringt, hintereinander an. Das heißt die beiden Federn sind wirkungsmäßig in Reihe geschaltet und wirken über ein einziges Rückzugsseil 8 auf die Kurvenscheibe 3, durch welche über ein Gestänge 50, 51 die Rückzugskraft auf das Pedal 7 übertragen wird. Da die übliche Rückzugfeder 4 in der bekannten Pedaleinheit auf die Kurvenscheibe 3 abgestimmt ist, beispielsweise durch einen bestimmten Umschlingungswinkel, der eine vorgegebene Reibkraft auf die Kurvenscheibe ergibt, wird durch die Rückholfeder die vorbestimmte Abstimmung der Pedaleinheit bei abgeschalteter FFP-Funktion nicht geändert, was auch für Reklamations-Ansprüche wichtig ist. Die Übertretfeder 9 soll, die weiter unten noch näher erläutert wird, ein Übertreten der FFP-Funktion ermöglichen.

Figur 14a und 14c zeigen zwei zueinander parallel angeordnete Rückstellfedern 4, welche über Rückzugsseile 8 an der Kurvenscheibe 3 angreifen, welche wiederum über das Gestänge 50, 51 auf das Pedal -Brett 7 einwirkt. Die Rückstellfedern 4 sind an einem Gehäuse 23 verankert und greifen an ihrem entgegengesetzten Ende beide jeweils an einem Rückzugsseil 8 an. Das bisher Gesagte entspricht dem üblichen Aufbau. In neuartiger Weise greift über

- 55 -

Rückstellungsseile 110 eine Übertretfeder 9 über zwei exzentrisch angeordneten Bolzen 10 an der Kurvenscheibe 3 an. Die zusätzliche Stellkraft wird bei wirksamer FFP-Funktion von dem Motor 1 über das Getriebe 13 auf die Gewindehülse 11 übertragen. Von der Gewindehülse 11 gelangt die Kraft über die hohle Spindel 5 auf die steife Übertretfeder 9, die mit ihrem in Figur 14a unteren Ende mittelbar an dem Rückstellungsseil 110 angreift und damit über die Kurvenscheibe 3 in Rückstellungsrichtung auf das Pedal 7 einwirkt. Die Übertretfeder 9 wird belastet durch die hohle Spindel 5, die nicht drehbar aber in ihrer Längsrichtung verschiebbar in dem Gehäuse 23 gelagert ist. In ihrer nicht wirksamen Normalstellung befindet sich die hohle Spindel 5 in Figur 14a und Figur 14c weit oben, wie dies gestrichelt dargestellt ist.

Wird die axial nicht verschiebbar aber drehbar gelagerte Gewindemutter beziehungsweise Gewindehülse 11 bei der FFP-Funktion durch einen Elektromotor 1 über ein Getriebe 13 gedreht, so wird die Spindel 5 in den Figuren 14 nach unten bewegt und zieht somit das obere Ende der steifen Rückholfeder 9 nach unten, so daß eine Kraft über die Kurvenscheibe 3 in rückwärts gerichteter Bewegung auf das Brett 7 des Pedals ausgeübt wird. Diese Kraft wirkt unabhängig von der Rückzugfeder 1.

Ein Übertreten der zusätzlichen Stellkraft durch das Pedal 7 ist in der weiter oben schon vielfach beschriebenen Weise dadurch möglich, daß durch das Pedal 7 über die Rückstellungsseile 110 und die Feder 9 die Spindel 5 in Figur 14 nach oben gezogen wird, wobei über das Getriebe 13 der Motor dann entgegen seiner Antriebsrichtung gedreht wird.

Sollte nun der Motor 1 oder das Getriebe 13 beim Übertreten blockieren oder das Pedal 7 so schnell übertreten werden, daß die ge-

- 56 -

nannten Baugruppen dieser Bewegung nicht folgen können so gibt in dieser Notsituation die Feder 9 nach und macht so dennoch eine Bewegung des Pedals 7 (entgegen dem Uhrzeigersinn) i. S. der Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit möglich. Dies geschieht dies dadurch, daß durch das Übertreten eine Kraft aufgebracht wird, welche die steife Rückholfeder 9 zusammenzieht. Dabei greifen die beiden Rückstellungsseile 110 über einen Steg 15 (Fig. 14b) an der Rückholfeder 9 an, die so gleichmäßig auf beide Seile wirkt.

Ausführungsbeispiel 15 gem. Fig. 15a und 15b

(2_014)

Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 15 geht aus von dem üblichen Aufbau eines Pedalmoduls innerhalb des Gehäuses 23. Damit ist der grundsätzliche Aufbau des Standard-Moduls ist wiederum der gleiche wie in den vorangegangenen Ausführungsbeispielen. Da die analogen Bezugszeichen verwendet wurden gelten in soweit die schon weiter oben gemachten Ausführungen. Dabei wird speziell auf das Ausführungsbeispiel 14 gem. den Figuren 14a bis 14c Bezug genommen.

Wie üblich ist an dem Pedal-Modul 23 ein Pedalbrett 7 über die Drehachse 89 drehbar angelenkt. Mittels eines Rückholseiles 8 greift eine Rückholfeder 4 über eine Kurvenscheibe 3 an einem Drehhebel 51 an, welcher über einen Koppelhebel 50 auf das Pedal 7 einwirkt. Wie aus Fig. 15b ersichtlich und wie auch üblich, ist die Rückholfeder 4 durch zwei zueinander parallel geschaltete Federn gebildet. Wird auf das Pedalbrett 7 getreten, so wird der Koppelhebel 50 axial verschoben, welcher an dem Drehhebel 51 angelenkt ist. Der Drehhebel 51 ist fest mit der Kurvenscheibe 3 verbunden, so daß beim Betätigen des Pedalbrettes 7 die Kurvenscheibe 3 um einen bestimmten Winkel gedreht wird. Die Drehung erfolgt gegen den Widerstand der Rückholfeder 4, die somit ver-

- 57 -

sucht das Pedal 7 in seine Ausgangsstellung zurück zu ziehen, da sie über das Rückholseil 8 mit der Kurvenscheibe verbunden ist. Diese Arbeitsweise ist Standard bei den üblichen Pedal-Modulen.

Das erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel zeichnet sich nun dadurch aus, daß an dem Rückholseil 8 beziehungsweise den beiden Rückholseilen 8 einen Gegenanschlag 17 befestigt ist, der mit der Betätigung des Pedalbrettes 7 durch die Ausdehnung der Rückholfedern 4 seine Lage ändert. Zwischen den beiden Rückholfedern 4 ist eine Stellfeder 9 angeordnet, welche ebenfalls wie die Rückholfedern 4 an dem Gehäuse 23 angreift. Die Stellfeder 9 ist mit ihrem anderen Ende über ein Rückstellungsseil 110 mit einer Seilrolle 230 verbunden, welche über eine Motor/Getriebe-Einheit 230 gedreht werden kann. Die Motor-Getriebe-Einheit 230 besteht aus einem Elektromotor 1 und einem Getriebe 13. An dem Rückstellungsseil 110 ist ein Anschlag 87 befestigt, dessen Lage durch Betätigung des Motors 1 verstellbar ist, indem der Motor über die Seilrolle 230 die Länge der Stellfeder 9 ändert und damit die Lage des Anschlages 87 verschiebt. Gegenanschlag und Anschlag sind derart angeordnet, daß sie sich hintergreifen können, wenn sie gegeneinander geführt werden. Der Anschlag 87 kann also den Gegenanschlag 17 nicht passieren, falls er in Fig. 15b weit genug nach unten abgelassen wird.

Im Normalbetrieb, bei der keine zusätzliche Stellkraft (FFP-Kraft) auf das Pedalbrettes 7 aufgebracht wird, wird durch die Motor/Getriebe-Einheit 230 der Anschlag 87 weit genug oberhalb des Gegenanschlages 17 gehalten, so daß der Gegenanschlag 17 mit dem Rückholseil 8 sich frei bewegen kann. Soll nun die zusätzliche Stellkraft aufgebracht werden, etwa weil die ist-Geschwindigkeit des Fahrzeugs dessen eingestellte soll-Geschwindigkeit erreicht hat, so wird der Elektromotor 1 einge-

- 58 -

schaltet, der über das Getriebe 13 den Anschlag 87 in Richtung der Kraft der Stellfeder 9 so weit abläßt, bis er an den Gegenanschlag 17 angreift und damit eine zusätzliche Kraft auf das Rückholseil 8 und damit das Pedalbrett 7 ausgeübt. Die Größe der Kraft, mit der der Anschlag 87 auf den Gegenanschlag 17 einwirkt, läßt sich durch den Motor 1 steuern, wobei die maximale Kraft durch die Kraft der über den Motor vorgespannten Stellfeder 9 vorgegeben ist. Diese Einstellmöglichkeit der Stellkraft über den Motor 1 ist insofern wichtig, als andernfalls die Stellkraft nur durch die Kraft der vorgespannten Stellfeder 9 bestimmt ist, wobei diese Kraft wiederum von der Vorspannung der Stellfeder 9 beim Aufeinandertreffen der beiden Anschläge abhängt. Diese Vorspannung ist aber unterschiedlich je nach augenblicklicher Stellung des Gegenanschlages 17.

In Fig. 15b ist angedeutet, daß der Motor 1 durch eine elektrische Steuerung 240 dann angesteuert wird, wenn die von der Steuerung gemessenen Geschwindigkeiten s (Ist-Geschwindigkeit und Soll-Geschwindigkeit) gleich oder fast gleich sind. Dabei kann die Steuerung 240 über einen Wandler 241 auf den Elektromotor 1 einwirken, wobei der Wandler den Elektromotor aufgrund der Spannung am Ausgang der Steuerung 240 mit dem entsprechenden Strom versorgt. Um mit einer bestimmten Kraft über den Anschlag 87 auf den Gegenanschlag 17 einwirken zu können muß der Steuerung mitgeteilt werden, an welcher Stelle sich der Gegenanschlag 17 befindet. Aufgrund der Ist-Geschwindigkeit allein ist die Lage des Gegenanschlages 17 nicht im voraus eindeutig festgelegt, da diese Lage ja auch noch von der möglichen Beladung des Fahrzeugs, einer etwaigen Bergfahrt und ähnlichem abhängt. Die Lage des Gegenanschlages 17 ist aber zum Zeitpunkt der Übergabe der Stellkraft (also beispielsweise Ist-Geschwindigkeit gleich Soll-Geschwindigkeit) eindeutig festgelegt durch die Drehlage der Kur-

- 59 -

venscheibe 3 . Es empfiehlt sich daher die Drehlage der Kurvenscheibe im Zeitpunkt der Übergabe zu messen und über einen weiteren Wandler 241 die Steuerung 240 entsprechend anzusteuern. Es wird keinen Versuch unternommen aufgrund entsprechender Tabellenwerte, die nicht nur die Geschwindigkeit sondern auch die übrigen Fahrtzustände wie Beladung, Bergfahrt und ähnliches berücksichtigen, den Anschlag 87 durch Nachregelung vorher einzustellen, bevor die soll-Geschwindigkeit erreicht wird. Wie weiter oben schon erläutert wird vielmehr die Lage des Gegenanschlages erst bestimmt, wenn er diese Lage erreicht hat, also anders ausgedrückt, im Zeitpunkt der Übergabe der zusätzlichen Stellkraft an das Pedal 7.

Das Ausführungsbeispiel gem. Figur 15 läßt sich zusammenfassend kurz wie folgt beschreiben. Es sind zwei Rückzugfedern 8 und eine einzige Rückholfeder 9 vorgesehen. Die Wirkung der Rückholfeder 9 erfolgt durch einen Anschlag 87, der über einen Mitnehmer 17 auf die beiden Rückzugseile 8 einwirkt.

Bei dieser Lösung wird eine dritte Feder (FFP-Feder) als Über-tretfeder 9, welche die maximale Force-Feedback-Kraft liefert, verwendet. Diese FFP-Feder wird über ein Seil 110 mittels einer Motor-Getriebe-Einheit 1, 13 vorgespannt. Bei ausgeschalteter FFP-Funktion wird die FFP-Feder 9 maximal nach oben vorgespannt und in dieser Stellung eingerastet. Der Motor und/oder das Getriebe können aber auch selbsthemmend sein, wodurch eine entsprechende Rast-Vorrichtung nicht benötigt wird.

Am Seilzug 8 der Standard-Rückzugfedern 4 ist ein Anschlag in Form eines Mitnehmers beziehungsweise Gegenanschlages 17 befestigt. Am Seilzug 110 der FFP-Feder ist ein Anschlag 87 befestigt. Bei ausgeschalteter FFP-Funktion ist der Anschlag 87 des

- 60 -

FFP-Seilzuges 110 ganz nach oben gefahren und kann nicht in Berührung mit dem Mitnehmer 17 des Standard-Seilzugs 4 kommen. Die Bohrung 243 im Mitnehmer 17 ist so groß, dass die FFP-Feder 9 durchpasst. Somit ist die normale Pedalfunktion gewährleistet.

Wird nun die FFP-Funktion eingeschaltet, wird der FFP-Seilzug 110 entriegelt und der Anschlag 87 des FFP-Seilzugs 110 an den Mitnehmer 17 des Standard-Seilzugs 8 gefahren. Um das Pedal nun weiter durchtreten zu können, muss eine um die FFP-Federkraft der Feder 9 erhöhte Kraft am Pedal 7 aufgebracht werden. Um die Pedalkraft zu variieren, kann der Motor 1 mit einer definierten Kraft ebenfalls an der Feder ziehen und somit die Fußkraft unterstützen.

Hierdurch ergibt sich folgende abweichende Arbeitsweise. Wie bei weiter oben beschriebenen Ausführungsbeispielen wird ein verstellbarer Anschlag eingesetzt. Dieser Anschlag wird beim Erreichen des FFP-Schaltzustandes (z. B. ist-Geschwindigkeit ist gleich der soll-Geschwindigkeit) derart gegen den Gegenanschlag gefahren, daß der Anschlag mit einer (vorbestimmten) Kraft gegen den Gegenanschlag und damit gegen das Pedal 7 wirkt.

Das Ausführungsbeispielen nach Fig. 15 bietet folgende Vorteile: Faile-Safe-Verhalten, das heißt bei blockiertem Getriebe oder Motor kann das Pedal mit einer erhöhten Kraft weiterhin betätigt werden.

Beim dynamischen Übertreten knickt der FFP-Seilzug 110 einfach weg und es treten keine zusätzlichen Trägheitskräfte auf. Das System ist steif und sehr einfach aufgebaut. Während der FFP-Funktion läßt sich die Rückstellkraft variieren.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung ist auch folgende Abänderung möglich. Anstelle der FFP-Feder 9 kann auch ein zweiter E-Motor

- 61 -

als Kraftmotor eingesetzt werden.

Ausführungsbeispiel 16 gem. Fig. 16a und Figur 16b (E2-001)

Figur 16a und Figur 16b beschreiben ein sechzehntes Ausführungsbeispiel, welches von dem Ausführungsbeispiel nach Figur 9 ausgeht. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die Übertrittfeder 9 und die übliche Rückzugfeder 4 ineinander verschachtelt, wobei diese beiden Federn aber wirkungsmäßig in Reihe arbeiten. Der Aufbau dieser Anordnung und deren Wirkungsweise ist in der zuletzt genannten deutschen Patentanmeldung im Zusammenhang mit den dort gezeigten Figuren 9a und 9b ausführlich beschrieben. Eine Hülse 2 für die Feder 9 wirkt beim vorliegenden Ausführungsbeispiel über ein Verbindungsglied 21 auf die Übertrittfeder 9. Das Verbindungsglied 21 ist in Längsrichtung des Rückzugseiles 8 verformbar. Hindurch läßt sich die wirksame Länge des Rückzugseiles 8 einstellen und damit die Einrichtung justieren.

Figur 16b zeigt einen Schnitt durch den Elektromotor 1, das Getriebe 13 und die Gewindehülse 11 aufnehmende Gehäuse 23 des Ausführungsbeispiels nach Figur 16a. Das Gehäuse besteht aus einem ersten Gehäuseteil 24 und einem zweiten Gehäuseteil 25. Das erste Gehäuseteil ist aus einem leichten und einfach zu formen den Kunststoff gebildet. Das zweite Gehäuseteil 25 ist aus einem festen Material, welches Wärme gut leitet wie beispielsweise Eisen oder Aluminium. Hierdurch kann die von dem Motor 1 abgegebene Wärme gut in die Umgebung abgeführt werden. Durch das Gehäuse 23 ergibt sich eine vormontierte Einheit, welche einfach in das Pedal-Gehäuse eingesetzt werden kann.

Hierdurch ergeben sich folgende Vorteile: Gehäusedeckel 25 aus Metall zur Ein-/Ableitung der Motorwärme und Abgabemöglichkeit an

- 62 -

die Außenluft. Kühlwirkung verstärkt durch Kühlrippen 26 und/oder Wärmeleitpaste zwischen Motor und Deckel. Platinen (Elektronik) 27 und Motor 1 sind vorteilhaft im als Deckel dienenden zweiten Gehäuseteilen 25 integriert. Das Verbindungsglied 21 in Figur 16a ist verformbar und dient so zum Toleranzausgleich nach erfolgter Montage. Man erhält eine Ableitung der Motorwärme durch besondere konstruktive Maßnahmen und Anordnung des Motors sowie eine kostengünstige Integration und Montage der Elektronik.

Ausführungsbeispiel 17 gem. Fig. 17

(2-001)

Figur 17 beschreibt ein siebzehntes Ausführungsbeispiel wie es ähnlich im Zusammenhang mit Figur 10 beschrieben ist.

Ein nachfolgend vielfach als Gewindestift bezeichnete Spindel 5 ist mit ihrem einen Ende 29 in dem Brett des Pedals 7 gelagert. Das Brett 7 ist um die Achse 89 schwenkbar. Die Spindel 5 ist in ihrer Länge verschiebbar und drehbar gelagert. Demgegenüber ist die eine Gewindehülse 11 nicht drehbar und axial nicht verschiebbar gelagert. Die Feder 9 hat, wie bei den vorangegangenen Ausführungsbeispielen auch, die Aufgabe das Übertreten der rückholenden Kraft bei einem oben beschriebenen Notfall zu ermöglichen.

Läuft der Motor 1 an, so wird über das Getriebe 13 die Spindel 5 in Drehung versetzt, so daß sich die Spindel aus der ortsfesten Gewindemutter 12 heraus schraubt und über das Ende 29 der Verlängerung 33 gegen das Brett des Pedals 7 drückt. Demgegenüber greift das aus Koppelhebel 50 und Drehhebel 51 bestehende Gestänge über die Kurvenscheibe 3 getrennt an dem Brett 7 an. Für das vorliegende Ausführungsbeispiel wichtig ist nun, daß im Normalfall die Gewindehülse 11 zwar ortsfest angeordnet ist. Dabei ist

- 63 -

sie in Längsrichtung des Spindel 5 nur dann verschiebbar, wenn die auf das Brett 7 ausgeübte Kraft in der Lage ist, die Über-tretfeder 9 zu überwinden. Hierzu ragt ein Ansatz 31 an der Ge-windehülse 11 in eine ortsfeste Führungsnut 32. Die Führungsnut 32 hat die Form eines Kreisabschnitts, so daß der Ansatz 31 der Schwenkbewegung des Brettes 7 um die Achse 89 folgen kann. Damit das Ende 29 der Spindel 5 der Drehbewegung der Spindel 5 nicht zu folgen braucht, ist dieses drehbar in dieser Spindel gelagert. Eine Verlängerung 33 ist teleskopförmig in einem Rohr 35 geführt, wobei ein Getriebe 13 über das Rohr die hohle Spindel 5 in Dre-hung versetzt, da das Rohr 35 gegen die Spindel 5 drehfest aber axial verschiebbar gelagert ist. Als Vorteil ergibt sich die Lö-sung des Packaging Problems durch eine geschachtelte parallel zum Kugelgewindetrieb angeordnete Übertrittfunktion.

Mit anderen Worten arbeitet das siebzehnte Ausführungsbeispiel gemäß Figur 17 wie folgt. Rückstellung/Krafteinleitung auf das Gaspedal 7 erfolgt durch Kugelgewindegetriebe (KGT), bei dem die Gewindehülse 11 verdrehsicher im Gehäuse geführt wird und die Spindel 5 antreibt. Die Führungsnut 32 läßt eine Bogenbewegung (bedingt durch die Kreisbewegung des Pedals 7 um Achse 89) der Ge-windehülse 11 zu, falls das Gaspedal 7 übertreten wird. Das Rohr 35 ist mit dem Zahnrad 34 drehmomentfest verbunden, wobei die, vom Pedal übertragenen Pedalbewegungen z. B. durch einen balligen Sechskant 36 ausgeglichen werden kann. In der von dem Motor 1 über das Getriebe 13 und das Rohr 35 angetriebenen Spindel 5 ist ebenfalls eine Drehmomentübertragungsmöglichkeit (z. B. Sechs-kantprofil 37 vorgesehen. Die ausgefahrene Spindel kann bei einer Notsituation (z. B. Blockieren des Getriebes oder des Motors) durch die parallel angeordnete Übertrittfeder 9 übertreten werden. Beim normalen Übertreten hält die steife Feder 9 die Gewindehülse 11 in ihrer Lage axial fest und über die Spindel 5 wird der Motor

- 64 -

entgegen seiner Antriebsrichtung gedreht. Das einen Kopf bildende Ende 29 ist mit dem Pedal 7 verdrehsicher verbunden und ist von der Spindel 5 axial im Falle einer Fehlfunktion lösbar.

Ausführungsbeispielen 18 gem. Fig. 18

(2-001)

Eine Abwandlung des siebzehnten Ausführungsbeispiels nach Figur 17 zeigt Figur 18 als achtzehntes Ausführungsbeispiel. Das Getriebe 13 weist hierbei ein gekrümmtes Zahnrad (Zahn -Tonne) 38 auf, durch welches es möglich ist, die Gewinde Hülse 11 längs ihrer Längsachse entgegen der Kraft der Rückholfeder 9 zu verschieben, ohne daß sie außer Eingriff zu dem Zahnrad 38 kommt. Bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 18 ist das Rohr 35 um sein Ende schwenkbar ansonsten aber unbeweglich dem Gehäuse zugeordnet. Da sich bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel die Gewinde Hülse 11 dreht muß dafür gesorgt werden, daß die Spindel 5 nicht drehbar aber in ihrer Längsrichtung verschiebbar in dem Rohr 35 gelagert (z. B. durch Vierkant) ist. Daraus folgt als Ergebnis: die Rückstellung/Krafteinleitung auf das Gaspedal 7 erfolgt durch Kugelgewindegetriebe (KGT), bei dem die Gewinde Hülse 11 durch eine Zahn- tonne (38) getrieben und durch den E-Motor 1 angetrieben wird. Die Zahn- tonne ermöglicht ein Übertreten des Spindeltriebs (Pendelbewegung) bei gleichzeitigem Antrieb.

Für die Ausführungsbeispiel nach den Figuren 16a bis Figur 18 hat man insgesamt folgende Vorteile: • Preiswerte einfach Teile, • Modulbauweise, • sichere Konzepte, • geringes Einbaumaß (nur 2 x Hub und Kugelmutterhöhe). Insbesondere bei der Ausführungsform nach Figur 18 hatte man keine Einleitung von Antriebsmomenten in die Spindel.

- 65 -

Ausführungsbeispielen 19 gem. Fig. 19a und Fig. 19b (2_015)

Die Figuren 19a und 19b zeigen ein neunzehntes Ausführungsbeispiel. Dabei ist in Figur 19a die erfindungsgemäße Vorrichtung in ihrem Normalzustand gezeigt während Figur 19b die erfindungsgemäße Ausführungsform im Zustand des Übertretens darstellt, bei der die durch die rückholende Einrichtung ausgeübte, entgegen der Kraft des Fußes gerichtete Kraft durch den Fahrer überwunden wird. Das Ausführungsbeispiel nach den Figuren 19a und 19b ist dem Ausführungsbeispielen nach den Figuren 17 und 18 sehr ähnlich und daß die dort gegebene Beschreibung analog auf das vorliegende Ausführungsbeispielen anwendbar ist.

Die Spindel 5 ist im vorliegenden Fall in ihrer Längsrichtung verschiebbar aber nicht drehbar gelagert. Ihr kugelförmiges Ende 29 kann sich dem Neigungswinkel des Brettes 7 gegenüber einer in der Spindel 5 befindlichen Betätigungsstange 39 ohne Schwierigkeiten anpassen. Die Stange 39 stützt sich gegenüber dem Boden der zylinderförmigen Ausnehmung in der Spindel 5 über einen Geräuschkämpfer 40 ab, der durch ein leicht nachgiebiges Element gebildet ist. Die Gewindehülse 11 wird über einen Motor 1 und ein Getriebe 13 in Drehung versetzt. Die Gewindehülse 11 ist drehbar und in ihrem Normalzustand in axialer Richtung der Spindel 5 nicht verschiebbar gelagert. Dabei stützt sie sich über ein Kugellager auf einer Rasthülse 41 ab, die durch eine vorgespannte Kugel 112 ortsfest verrastet ist.

Für das vorliegende Ausführungsbeispiel nun wesentlich ist, daß die Gewindehülse 11 durch eine entsprechende Ausübung von Kraft auf das Brett des Pedals 7 zusammen mit der Spindel 5 in deren Längsrichtung verschiebbar ist. Dabei wird über die Stange 39 und den Geräuschkämpfer 40 die Spindel 5 in Figur 10 nach links mit-

- 66 -

genommen. Da die Gewindemutter 12 durch den Motor 1 und das Getriebe 13 bei einer Notsituationen möglicherweise festgehalten wird kann sie dann der durch die Spindel 5 ausgeübten Kraft nicht durch eine Drehbewegung ausweichen und wird ebenfalls nach links weggezogen. Durch die so ausgeübte Kraft wird die Rasthülse 41 aus ihrer Verrastung gegenüber der Kugel 42 gerissen und gegen die Kraft der Rückholfeder 9 verschoben. Damit kommt die Verzahnung der Gewindehülse 11 außer Eingriff gegenüber dem Getriebe 13 und wird danach nicht mehr in ihrer Drehbewegung gehindert.

Daraus ergibt sich folgende Arbeitsweise des Ausführungsbeispiels nach Figur 19a und Figur 19b. Bei schneller Betätigung des Gaspedals wird der Antriebsmotor von dem Kugelgewindegetriebe (KGT) 12, 13 entkoppelt. Ab einer konstruktiv festlegbaren Kraft wird der KGT verschoben, so, daß der Motor 1 nicht weiter im Eingriff ist und somit ist die Gewindehülse 11 leichter drehbar. Verantwortlich hierfür sind Rastelemente z.B. federbelastete Kugel(n) (42), die ab einer bestimmten Kraft den KGT axial freigeben. Die Druckfeder als Übertrittfeder 9 schiebt den KGT in Ausgangslage zurück. Weiterhin ist eine Durchtrittsmöglichkeit in Hubrichtung im Falle einer KGT -Verklemmung gegeben (siehe Figur 11). Ein mögliches Zwischenrad 44 erleichtert das Finden der Zahnلücken. Klöppel (29) gleicht die Drehbewegung des Gaspedal zum KGT aus.

Ausführungsbeispielen 20 gem. Fig. 20

(2-002)

In dem zwanzigsten Ausführungsbeispiel nach Figur 20 sind die Rückzugfeder 4 und die Übertrittfeder 9 nicht nur wirkungsmäßig sondern auch räumlich in Reihe geschaltet. Hierdurch ist es möglich durch eine entsprechende Ausübung einer Kraft auf das Brett des Pedals 7 das Übertreten der das Brett 7 zurück drückenden Kraft zu ermöglichen. Diese zurück drückende Kraft wird, wie

- 67 -

schon im Zusammenhang mit Figur 16 beschrieben, von einem Motor 1 über ein Getriebe 13 auf eine Gewindehülse 11 ausgeübt. An dem Ausführungsbeispiel nach Figur 20 ist nun wesentlich, daß die Übertretfeder 9 in einer Rasthülse 45 gehalten ist. Sobald die durch das Brett 7 über das Gestänge 50, 51 und die Kurvenscheibe 3 ausgeübte Kraft auf das Rückzugseil 8 groß genug wird, rastet die mit dem Seil 8 verbundene Betätigungsstange 39 aus ihrer Verastung mit der Rasthülse 41 aus. Die Verastung geschieht dabei durch mindestens zwei in der Rasthülse 41 gegenüber der Betätigungsstange 39 axial vorgespannte Kugeln 113. Die Übertretfeder 9, durch die das Übertreten ermöglicht wird, ist dabei so steif gewählt, daß sie nach der Beendigung des Übertretens die Betätigungsstange 39 wieder in ihre Rastlage bringen kann.

Das hier im Zusammenhang mit Figur 20 vorgestellte Prinzip ermöglicht ein schnelles Durchtreten (zum Gasgeben) oder in einer Not-situation wenn Mechanismus blockiert ist. Ein Rastmechanismus (39, 42) hält den Kraftfluß Seil/Zugfeder (8,9) bis zu einer bestimmten Kraft aufrecht. Wird diese Haltekraft überschritten (Übertretfunktion gewünscht), so bricht das Kraftsystem zusammen, die Rastelemente (42) z. B. eine oder mehrere kraftbelastete Kugeln geben das Rastglied (39) frei und ermöglichen so eine Seillose, um das Gasgeben zu ermöglichen. Die Übertretfeder (9) dient zum Positionieren des Rastgliedes in die Ausgangslage. Als besonderer Vorteil ergibt sich die Lösung des Packaging Problems. Sehr wichtig bei diesen Ausführungsbeispiel ist ein geringes Einbaumaß.

Eine weitere Vereinfachung läßt sich erfindungsgemäß durch die Ausführungsbeispiele gem. Figur 21, Figur 22 und Fig. 23 erreichen.

- 68 -

Ausführungsbeispiel 21 gem. Figur 21

(2-069)

Hinsichtlich der normalen Arbeitsweise des Pedalmoduls zeigt dieses Modul den üblichen Aufbau wie er bereits weiter oben schon mehrfach beschrieben wurde. Ein Pedalbrett 7 ist längs der Drehachse 89 an dem Gehäuse 23 des Pedalmoduls drehbar angelenkt. Die übliche Rückzugfeder 4 ist mit ihrem einen Ende an dem Gehäuse 23 befestigt und an ihrem anderen Ende mit einem Rückholseil 8 verbunden, wobei das Rückholseil 8 wiederum an der Mantelfläche der Kurvenscheibe 3 angreift. An der Kurvenscheibe 3 ist wiederum ein in Figur 21 nicht dargestellter Drehhebel befestigt, an denen ein Koppelhebel 50 angelenkt ist, wie dies mehrfach Zusammenhang mit weiteren Ausführungsbeispielen der vorliegenden Anmeldung erläutert wurde. Auf diese Weise übt die Rückzugfeder 4 über das Seil 8, die Kurvenscheibe 3, den Drehhebel 51 und den Koppelhebel 50 eine rückstellenden Kraft auf das Pedal 7 aus.

Bei dem in Figur 21 dargestellten Ausführungsbeispiel wird die Force-Feedback-Kraft über einen vorzugsweise als Linearmotor 120 ausgestalteten Segment EC-Antrieb erzeugt. In dem Gehäuse 23 ist eine gekrümmte Reaktionsschiene 123 angeordnet, die mit Magnetfeldern wechselnder Polarität versehen ist. Die Magnetfelder wechseln sich in Längsrichtung der Reaktionsschiene 123 ab. An einem mit der Kurvenscheibe 3 verbundenem Hebelarm 121 ist ein Induktor 122 befestigt. Der Hebelarm 121 und der Induktor 123 sind dabei derart ausgestaltet, daß bei einer Drehung des Drehhebels 121 der Induktor 122 über die Magnetfelder fährt. Wird der Induktor bestromt, wirken magnetische Kräfte zwischen dem Induktor und der magnetisierten Reaktionsschiene 123. Dabei wirken diese Magnetfelder als Wanderfeld, welches den Induktor 122 und damit die mit dem Induktor verbundene Kurvenscheibe 3 mitnimmt. Auf diese Weise wird ein an der Kurvenscheibe 3 angreifendes Re-

- 69 -

aktionsmoment erzeugt, was zu einer Erhöhung der Pedalkraft führt. Die Normalfunktion bleibt weiterhin erhalten, wenn der Induktor nicht bestromt ist. Bei dem Ausführungsbeispiel nach Figur 21 können die zur Darstellung der zusätzlichen Stellkraft (FFP-Kraft) notwendigen Bauteile nachträglich zu dem standardmäßig aufgebauten Pedalmodul 23 hinzugefügt werden.

Der wesentliche Vorteil der Ausführungsform nach Figur 21 besteht darin, daß auf einen zusätzlichen Elektromotor, ein Getriebe eine Kopplung und Sicherheitseinrichtungen verzichtet werden kann, welche ein Übertreten des Pedals 7 auch dann ermöglichen, wenn die die zusätzliche Stellkraft abgebende Kraftquelle blockiert. Da zwischen dem Induktor beziehungsweise dem Drehhebel 121 und der Reaktionsschiene 123 keine Hinterschneidungen bestehen ist es auch nicht möglich, daß diese Kraftquelle mechanisch blockieren kann. Da der Drehhebel 121 parallel zu dem nicht dargestellten Drehhebel (51) der Kurvenscheibe 3 läuft und das Wanderfeld der Reaktionsschiene 123 unabhängig von der Lage des Induktors 122 mit der gleichen Kraft an dem Induktor 122 angreift, sind auch keine Regel Einrichtungen notwendig, welche die Stellkraft (FFP-Kraft) an die Lage des Drehhebels 121 beziehungsweise der Kurvenscheibe 23 anpassen müssen. Wird die Reaktionsschiene 123 an Strom angeschlossen mehr so greift das Feld der Reaktionsschiene 123 unmittelbar an den Induktor 122 an, so daß keine zusätzliche Kupplung notwendig ist. Durch eine entsprechende Versorgung der Reaktionsschiene 123 mit Strom ist es im übrigen möglich die zusätzliche Stellkraft (FFP-Kraft) in ihrer Höhe an den jeweiligen Bedarf anzupassen. Damit kann also zum Beispiel die zusätzliche Stellkraft größer gewählt werden, wenn das Pedal relativ weit nieder getreten wurde und damit ohne dies schon eine große Rückstellkraft durch die Rückzugfeder 4 gegeben ist oder z.B. der Fahrer zu lange das Pedal übertritt. Die zusätzliche Stellkraft

- 70 -

kann aber beispielsweise auch derart verändert werden, daß sie zunimmt, je länger es dauert, bis die Ist-Geschwindigkeit die eingestellte Soll-Geschwindigkeit erreicht.

Ausführungsbeispiel 22 gem. Figur 22

(2-069)

Das Ausführungsbeispiel 22 zeigt einen ähnlichen Aufbau wie das Ausführungsbeispiel 21, nur daß die Konstruktion etwas vereinfacht wurde und mit weniger Bauteilen auskommt als in Figur 21 gezeigt. Bei dieser Variante zu dem Ausführungsbeispiel nach Figur 21 wird auch die Normalfunktion über den Segment EC-Antrieb dargestellt, indem die Rückstellfedern 4 (ggfs. Doppelfeder) auf den Drehhebel 121 wirkt. Die Pedalrückstellfeder 4 soll bei einem Antriebsausfall die Pedalrückstellung sicherstellen. Die Einstellung des Hysterese - Verhaltens erfolgt im Gegensatz zum Standard-Pedalmodul über den Segment- EC-Antrieb 120.

Wie in Figur 21 ist der Induktor 122 in Figur 22 über den Drehhebel 121 mit der Kurvenscheibe 3 gekoppelt. Dies ist aber im Sinne der Erfindung nicht notwendig. Ein einfacher Aufbau ergibt sich, wenn die Reaktionsschienen 123 nicht wie in der Figur 21 gekrümmt sondern eine gerade Form besitzt, wie dies beispielsweise in Fig. 23 gezeigt ist. Auf die Kurvenscheibe 3 und den Hebel 121 kann dann verzichtet werden. Der Koppelhebel 50 in Figur 22 greift dann direkt an dem Induktor 122 an, auf den in entgegengesetzter Richtung dann auch die Pedal-Rückstellfeder 4 (ggfs. Doppelfeder) einwirkt. Will man eine der Kurvenscheibe 3 entsprechende Abhängigkeit zwischen Pedalweg und rückstellender Kraft haben, so läßt sich dies durch eine entsprechende Anordnung der Magnetfelder in dem Linearmotor oder durch eine entsprechende Bestromung des Linearmotors erreichen.

- 71 -

Schließlich ist es möglich auch noch auf die Rückstellfeder 4 zu verzichten, in dem auch die normale Rückstellung mit Hilfe des Linearmotors 122, 123 erfolgt. Allerdings muß dann mittels eines Sensors die Lage des Pedals festgestellt werden, damit über den Linearmotor einer der Rückstellkraft der entfallenden Rückstellfeder 4 entsprechende Kraft in rückstellender Richtung auf das Pedal 7 ausgeübt wird.

Durch die Ausführungsbeispiele nach Figur 21 und 22 ergeben sich folgende Vorteile:

Fail-Safe-Verhalten: der Antrieb kann immer übertreten werden. Beim dynamischen Übertreten entstehen nur geringe zusätzliche Trägheitskräfte. Das System ist steif. Es ergibt sich eine variable Rückstellkraft in der FFP-Funktion. Eine variable Pedalcharakteristik ist in der Grundfunktion darstellbar.

Ausführungsbeispiel 23 gem. Figur 23

(2-006)

Bei dem Ausführungsbeispiel 23 gem. Figur 23 wird wiederum ein Segmentantrieb 120 angewendet, so daß die im Zusammenhang mit den Ausführungsbeispielen 22 und 23 gemachten Ausführungen analog auch bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel gelten. Wie aus Figur 23 zuerkennen sind die gegenüber einem üblichen Pedal-Module einzufügenden Änderungen vergleichsweise gering. Man erkennt in Figur 23 den in den vorangegangenen Beispielen schon wiederholt beschriebenen üblichen Aufbau des Pedalmoduls, der an dieser Stelle daher nicht nochmals erläutert werden soll. Abweichend beispielsweise zu den Ausführungsbeispielen 2 oder 9 in den Figuren 2 oder 9 wurde statt eines elektromechanischen Aktuators ein Segmentantrieb 120 in das Rückholseil 8 vor der Rückstellfeder 4 eingefügt. Dabei ist die Reaktionsschiene 123 zwischen Rückhol-

- 72 -

seil 8 und Rückstellfeder 4 eingefügt während der Induktor 122 der Reaktionsschiene 123 gegenüberliegend ortsfest in dem Pedalm modul angeordnet ist.

Bei der in Figur 23 dargestellten Lösung wird die Force-Feedback-Kraft des Force-Feedback-Pedals (FFP) über einen Linear- Antrieb erzeugt 120. An dem Rückzugseil 8 ist eine Reaktionsschiene 123 befestigt. Wird der Induktor 122 bestromt, wirken magnetische Kräfte zwischen den Induktor und der magnetisierten Reaktions- schiene. Auf diese Weise wird ein an der Kurvenscheibe 3 angrei- fendes Reaktionsmoment erzeugt, was zu einer Erhöhung der Pedal- kraft führt. Die Normalfunktion des Pedalmoduls bleibt weiterhin erhalten wenn der Induktor 122 nicht bestromt ist.

Es ist möglich, auch die Normalfunktion über den Linearantrieb darzustellen. Die Pedal Rückstellfeder 4 soll bei einem Antrieb- sausfall die Pedalrückstellung sicherstellen. Die Einstellung des ist Hysteresse-Verhaltens erfolgt im Gegensatz zum Standard- Pedalmodul über den Linearantrieb.

Die erfindungsgemäßen Lösung gemäß den Ausführungsbeispiele in 21 und 22 nach den Figur 21 und 22 besteht unter anderem in der Ver- wendung eines Segment - EC-Antriebs. Ein derartiger Antrieb kann als Linearmotor verstanden werden. Mit Hilfe eines Linearmotor ist es möglich auf die sonst notwendige Umwandlung einer rotie- renden Bewegung einer Motorwelle in eine lineare Bewegung durch ein Getriebe zu verzichten. Ein Übertreten ist hier ohne weiteres möglich. Es muß also nicht eine gesonderte Feder 9 vorgesehen werden wie dies in Figur 10 gezeigt ist, wo eine in Längsrichtung der Spindel angeordnete Feder das Ausweichen der Spindel beim Übertreten durch das Pedal ermöglicht.

- 73 -

Hinsichtlich des verwendeten Linearmotors ist folgendes zu sagen. Ein Linearmotor ist ein neues Antriebselement. Vergleichbar zu den bekannten rotierenden elektrischen Maschinen, läßt sich der Linearmotor als Synchronlinearmotor und Asynchronlinearmotor herstellen. Von den beiden genannten Arten kommt dem Asynchronlinearmotor die größere Bedeutung zu. Im Prinzip aber sind beide Arten in der vorliegenden Erfindung einsetzbar.

Die erfindungsgemäßen Vorrichtung setzt große Anforderungen an Dynamik, Geschwindigkeit und Genauigkeit hinsichtlich der Lage der gegeneinander zu bewegenden Elemente. Hier können konventionelle Antriebe, die linear oder rotatorisch arbeiten, oft nicht die hinreichende Genauigkeit erzielen. Mechanische Übertragungselemente wie Kugelgewinde-Antrieb, Zahnstange oder Zahnriemen bedingen zu dem zusätzliche, systemrelevante Massenträgheitsmomente und Reibungsverluste. Beim Beschleunigen und Abbremsen muß ein nicht unerheblicher Anteil des verfügbaren Drehmomentes zur Kompensation aufgewendet werden. Gerade bei hoch dynamischen und dabei genauen Bewegungsvorgängen treten zudem die Nachteile der mechanischen Übertragungsglieder wie mechanische Lose, Elastizitäten und Verschleiß ganz besonders in den Vordergrund. Diese Nachteile lassen sich durch Verwendung eines Linearmotors beseitigen.

Für den Aufbau des Linearmotor es gilt folgendes. Denkt man sich das Ständereisenpaket eines konventionellen Asynchronmotors unter einer Presse zusammengedrückt, erhält man ein flaches doppelseitiges Eisenpaket. Die Einzelbleche der Ständerpakethälften sind wie ein Kamm geschlitzt (Doppel-Induktorkamm). In den Nuten wird die Ständerwicklung (Primärwicklung) untergebracht. Zwischen den Ständerhälften liegt die ebenfalls gestreckte Läuferschiene. Diese sogenannte Reaktionsschiene ist aus Kupfer- oder Aluminiummaterial hergestellt. Die Ständerpaketausführung kann aber auch

- 74 -

einseitig sein (Einfach-Induktorkamm). Allerdings werden dann – gegenüber dem Doppel-Induktorkamm – die elektrischen und mechanischen Bedingungen ungünstiger. Um einen magnetischen Zug zwischen Einfach-Induktorkamm und Reaktionsschiene zu verhindern, steht dem einseitigen Ständerblechpaket ein lamelliertes Eisenpaket gegenüber. Dazwischen wird die Reaktionsschiene geführt. Der asynchrone Linearmotor stellt also gegenüber dem konventionellen Asynchronmotor ein offenes Antriebssystem dar. Bei Einschienensbahnen übernimmt gewöhnlich der Tragkörper gleichzeitig die Rolle der Reaktionsschiene.

Durch die gestreckte Ständerausführung erhält man eine flache Magnetisierungsebene. Das magnetische Drehfeld wird zu einem Wanderfeld (Schubfeld); daher auch die Bezeichnung «Wanderfeldmotor». Wird vom Wanderfeld ein flacher, ebener Leiter (Reaktionsschiene) geschnitten, werden dort Wirbelströme erzeugt. Das Wanderfeld und das Magnetfeld der Wirbelströme stehen nach dem Hebelgesetz senkrecht aufeinander, so daß es zur Kraftbildung (Drehmomentenbildung) kommt. Denkt man sich bei einem normalen Drehstrom-Asynchronmotor den Läufer feststehend und den Ständer drehend, jedoch die elektrische Energie dem rotierenden Ständer zugeführt, ist die Drehfeldrichtung im Ständer der mechanischen Bewegungsrichtung entgegengesetzt. Der gleiche praktische Fall liegt beim asynchronen Linearmotor vor: Das Wanderfeld ist der mechanischen Vorwärtsbewegung entgegengerichtet.

Auf Grund dieser Konstruktion sind keine Zwischenschaltungen von Getrieben oder sonstigen Mechanismen notwendig. Die konstruktive Gestaltung des Primär- und Sekundärteiles ist relativ einfach. Trotz größerer momentaner lokaler Erwärmung im Sekundärteil tritt rasch wieder Abkühlung ein.

- 75 -

Der Linearmotor kann für den vorliegenden Verwendungsfall als schwebendes System ausgebildet werden, wodurch die Reibungsverluste gegen Null gehen. Es besteht aber auch die Möglichkeit durch mechanische Mittel den Induktor gegenüber der Reaktionsschiene auf Abstand zu halten, beispielsweise mit Hilfe eines linearen Gleitlagers oder Rollenlagers. Im Rahmen der Erfindung läßt sich auch ein als Schritt Motor arbeitender Linearmotor einsetzen wie er beispielsweise von Lindner, Brauer, Lehmann in dem Taschenbuch der Elektrotechnik und Elektronik, Fachbuchverlag Leipzig, 1991 Seite 233 bis 236 beschrieben ist.

Ausführungsbeispiel 24 gem. Figur 24a bis Figur 24e EM02_069

Bei dem Ausführungsbeispiel nach den Figuren 24a bis Figur 24e hat das Pedalmodul 23, wie in Figur 24a angedeutet, hinsichtlich seiner normalen Funktion den üblichen Aufbau, wie er weiter oben in den Ausführungsbeispielen schon mehrfach erläuterte wurde. Auf diese Beschreibungen wird an dieser Stelle Bezug genommen. Die den weiter oben beschriebenen einzelnen Bauteilen zugeordneten Bezugszeichen wurden in dem vorliegenden Ausführungsbeispiel gleichartig verwendet, so daß die obigen Beschreibungen sich auch insofern auf die Figuren 24a bis 24e lesen lassen. In dem an dieser Stelle beschriebenen Ausführungsbeispiel greifen zwei parallel geschaltete Rückzugfedern 4 an dem Gehäuse 23 an und wirken in der üblichen Form über die Rückholseile 8 und die Kurvenscheibe 3, über die üblichen in Figur 24 nicht dargestellten Hebel (Drehhebel 51 und Koppelhebel 50) auf das nicht dargestellte Pedalbrett.

Mit der Kurvenscheibe 3 fest verbunden ist eine obere Bandrolle 131, auf der ein Band 130 aufgewickelt ist. Unterhalb der Kurvenscheibe 3 ist in dem Gehäuse 23 eine Verbindungswelle 134 drehbar

- 76 -

gelagert, mit der eine untere Bandrolle 132 fest verbunden ist. Die Verbindungswelle 134 und damit die untere Bandrolle 132 kann durch einen Elektromotors 1 über ein Getriebe 13 und eine steife Spiralfeder 97 derart gedreht werden, daß das Band 130 auf die untere Bandrolle 132 aufgewickelt beziehungsweise von dieser abgewickelt werden kann. Hierzu wirkt der Ausgang des Motors 1 über ein auf der Verbindungswelle 134 drehbar gelagertes Getrieberad 136 auf das äußere Ende der Spiralfeder 97 ein, deren Inneres Ende mit der Verbindungswelle 134 fest verbunden ist (siehe Figur 24b).

Die Funktion der Spiralfeder 97 wird weiter unten näher erläutert. Für eine vereinfachte Betrachtung genügt es die Feder 97 als steifes Bauteilen zu betrachten, welches die Verbindungswelle 134 mit dem Getrieberad 136 fest verbindet.

1) Funktionsweise Ausführungsbeispiels

Bei der in den Figuren 24a bis Figur 24e dargestellten Lösung wird über eine variable Bandlänge der Pedalwinkel, bei dem die FFP - Funktion in Eingriff kommt, festgelegt. Das Band 130 ist an einer oberen Bandrolle 131 und einer unteren Bandrolle 132 befestigt. Über die obere Bandrolle und den daran befestigten Koppelarm 133 wird die Force-Feedback-Pedal-Kraft (FFP - Kraft) in die nicht näher dargestellte Pedalplatte 7 eingeleitet, was aber auch über die übliche Kombination aus Drehhebel (51) und Koppelhebel (50) geschehen kann. Über die untere Bandrolle 132 und die daran angeschlossene Motor-Getriebe - Einheit 228 wird die Bandlänge variiert. Die Motor-Getriebe-Einheit 228 weist im wesentlichen einen Elektromotors 1 und ein Getriebe 13 auf.

Ist die FFP - Funktion ausgeschaltet, ist das Band 130 von der unteren Bandrolle 132 so weit abgewickelt, dass das Band auch bei

- 77 -

vollem Pedalhub nicht auf Zug geht.

Wird die FFP - Funktion eingeschaltet (zum Beispiel wenn die Ist-Geschwindigkeit die Soll-Geschwindigkeit erreicht), wird mittels der Motor-Getriebe-Einheit 1, 13 und der daran angeschlossenen unteren Bandrolle 132 das Band 130 aufgewickelt und somit ein Moment in die obere Bandrolle 131 eingeprägt. Aus diesem Moment und einem fest mit der Kurvenscheibe 3 beziehungsweise der oberen Bandrolle 131 verbundenen Koppelarm 133 resultierenden Hebelarm erhält man die FFP- Kraft an der Pedalplatte. Beim Einschalten des Motors 1 (die Soll-Geschwindigkeit wurde erreicht oder nahezu erreicht) wickelt der Motor das Band erst ohne Ausübung von Kraft auf das Pedal soweit auf bis das Band straff gezogen ist. Bedient der Fahrer das Pedal derart, daß er über die Soll-Geschwindigkeit hinauskommt, so wird der Motor eins im Sinne einer zusätzlichen Stellkraft wirksam. Will der Fahrer übertreten, so muß er dabei versuchen das Band 130 gegen die Kraft des Motors abzuwickeln und dabei den Rotor des Motors entgegen seiner vorherigen Laufrichtung drehen. Der Kraftweg läuft dabei über die obere Bandrolle 131, das Band 130, die untere Bandrolle 132, die Verbindungswelle 134, die Feder 97, eine Hohlwelle 135 (die mit dem Getriebebezugszahnrad 136 fest verbunden ist) , das Getriebe 13 zu dem Rotor des Motors 1.

Um eine Beschädigung des FFP - Moduls bei hohen Betätigungsgeschwindigkeiten, bei der der Motor wegen seiner Trägheit oder einer möglichen Blockade stehen bleibt, zu verhindern und um die Grundfunktion des Gaspedals zu gewährleisten, ist eine Sicherheitsfunktion vorgesehen, deren prinzipielle Wirkungsweise in den vorangegangenen Ausführungsbeispielen bereits mehrfach erläutert wurde. In der in den Figuren 24a bis 24e dargestellten konstruktiven Ausführung wird die Möglichkeit das Pedal auch bei

- 78 -

Blockade des Motors bzw. des Getriebes übertreten zu können in die Motor-Getriebe-Einheit 1, 13 integriert. Die Verbindungswelle 134, an der sich die untere Bandrolle 132 befindet, ist hierzu über die Spiralfeder 97 mit einer Hohlwelle 135 verbunden, an welcher wiederum das Getrieberad 136 befestigt ist. Das Motormoment zur Erzeugung der FFP-Kraft wird damit über die Getriebebestufe 13 in die Hohlwelle 135 und von da über die Spiralfeder 97 in die Verbindungswelle eingeleitet. Diese Konstruktion ist insofern ähnlich wie der im Zusammenhang mit Figur 7 beschriebene Aufbau, so daß das dort gesagte analog gilt.

Die Spiralfeder 97 dient dazu, dass ab einem festgelegten Moment diese Feder zusammenbricht und somit das Pedal weiterhin betätigt werden kann, auch wenn der Motor infolge seiner Massenträgheiten oder eines Defektes noch steht. Bei den üblichen Pedalkräften, welche der Zurückstellung des Pedals dienen kann die Spiralfeder 97 als starr betrachtete werden, das heißt sie wirkt so, als ob die Hohlwelle 135 mit der Verbindungswelle 134 einstückig verbunden wäre. Erst wenn die auf das Pedal ausgeübte Betätigungskraft eine bestimmte Schwelle überschreitet gibt die Feder nach und es kann auf diese Weise das Pedal zur Erhöhung der Fahrzeuggeschwindigkeit nieder gedrückt werden.

Die Sicherheitsfunktion mit der Spiralfeder 97 kann ebenfalls in der Anbindung der oberen Bandrolle an die Kurvenscheibe 3 des Standard-Pedalsmoduls integriert werden. Um ein Abwickeln des Bandes beim dynamischen Übertreten oder einer Fehlfunktion des Motors zu vermeiden, wurde ein Anschlag 138 am Deckel des Gehäuses 23 vorgesehen, welcher die Rotation der Verbindungswelle in Richtung des Abwickelns des Bandes begrenzt.

Mit anderen Worten: Beim Einschalten der Funktion des FFP wird

- 79 -

von dem Motor 1 über das Getriebe 13 das Band 130 um einen gewissen Betrag aufgewickelt während die von dem Fahrer ausgeübte Pedalkraft derart gerichtet ist, daß sie versucht das Band wieder abzuwickeln. Ist die Kraft, welche auf das Pedal ausgeübt wurde, so groß, daß der Motor ihr nicht in Richtung einer Abwicklung des Bandes zu folgen vermag so gibt die Spiralfeder 97 auf Grund des hinreichend großen Drehmomentes zwischen Verbindungswelle 134 und Hohlwelle 135 nach. Damit wird die Hohlwelle gegenüber der Verbindungswelle verdreht. Wie weiter oben schon erläutert ist die Länge des Bandes abhängig von der Lage des Pedals kurz vor Erreichen des Soll-Wertes.

Alle Bauteile des FFP - Moduls sind am Gehäusedeckel befestigt, so dass es komplett auf das Standard-Pedalmodul als „add on“ - Lösung einfach aufgesteckt werden kann. Die Momentübertragung von der oberen Bandrolle 131 in die Kurvenscheibe 3 des Standard - Pedalmoduls erfolgt über eine formschlüssige Verbindung 144. Andere Verbindungsarten zur Momentenübertragung sind möglich und können im Rahmen der Erfindung ebenfalls eingesetzt werden.

Die Kraft wird bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel aus dem Gehäuse 123 nicht wie üblich über einen mit der Kurvenscheibe 3 verbundenen Koppelhebel sondern über einen mit der oberen Bandrolle 131 verbundenen Koppelarm 133 an das Pedal aus gekoppelt. Das Band kann durch ein anderes geeignetes Bauelement ersetzt werden, welches nur Zugkräfte aber keine Druckkräfte zu übertragen vermag, beispielsweise durch ein Seil. Aus Figur 23c ist zu erkennen, daß die obere Bandrolle 131 mit der Kurvenscheibe 3 über eine Schraubverbindung verbunden ist. Die Zugseile 8 greifen in der üblichen Weise über die Rückstellfedern 4 an der Kurvenscheibe 3 an. Die obere Bandrolle ist mit einem Koppelarm 133 versehen über welchen mittels eines Gestänges oder Seiles 141 die

Kraft zu dem nicht dargestellten Pedal übertragen wird.

Um das Band nach der Montage (Add on) des Moduls auf das Pedalmodul auf die richtige Länge einstellen zu können, wurde der in Figur 23e dargestellte Mechanismus in die obere Bandrolle integriert. Das um die obere Bandrolle 131 laufende Band wird in die Nut eines Spannstiftes 139 eingefädelt. Dieser Stift kann nun mit einem Schraubendreher so weit gedreht werden, bis das Band die erforderliche Spannung hat. Um den Stift in seiner Lage zu fixieren, besitzt der Spannstift ein Mehrkantprofil. Um dieses Mehrkantprofil greift eine Scheibe 140, welche mit der Bandrolle 131 verschraubt wird. Um die Scheibe 140 in möglichst feinen Abstufungen an der Bandrolle fixieren zu können, besitzt diese mehrere Bohrungen. In der Bandrolle befinden sich ebenfalls mehrere Bohrungen, so dass eine ausreichende Positioniergenauigkeit für den Spannstift erreicht wird. Die Spannvorrichtung kann entweder, wie in Figur 23e dargestellt, in die obere Bandrolle oder aber auch in die untere Bandrolle integriert werden.

Vorteile

Faile-Safe-Verhalten: Bei blockiertem Getriebe oder Motor kann das Pedal mit einer erhöhten Kraft weiterhin betätigt werden. Beim dynamischen Übertreten bricht die Spiralfeder zusammen und es treten keine zusätzlichen Trägheitskräfte auf.

Steifes System.

Variable Rückstellkraft in der FFP-Funktion durch Steuerung der Motorkräfte. Übertretfunktion mittels Spiralfeder

Montage des kompletten Moduls als „add on“ - Modul und Bandlängengenausgleich.

Ausführungsbeispiel 25 gem. Figur 25a bis Figur 25d EM02 087

- 81 -

Einen ähnlichen Aufbau wie das Ausführungsbeispiel 24 zeigt das nachfolgende Ausführungsbeispiel 25.

In Figur 25b ist die Kurvenscheibe 3 über eine Getriebeeinheit 152 mit einem auf dem Abgangszahnrad 153 liegenden Anschlag 149 verbunden. Auf der selben Welle/Achse des Getriebeabgangszahnrades liegt das Kegel-Zahnrad 150 mit dem Gegenanschlag 151, welches über eine Übersetzungsstufe mit dem Motor 1 für die FFP - Funktion verbunden ist. Bei einer Betätigung der Kurvenscheibe über das Pedal ohne FFP - Funktion wird das Zahnrad mit dem Anschlag über das Getriebe über einen, durch die Getriebeübersetzung vorgegebenen Winkelbereich durchfahren, ohne auf den Gegenanschlag zu treffen. Dieser wurde von dem Motor in eine Position (Ruheposition) gefahren, die keinen Einfluss auf die Standardbetätigung hat. Bei FFP - Funktion, also Erreichen der soll-Geschwindigkeit oder vor Erreichen der soll-Geschwindigkeit, wird der Gegenanschlag 151 durch den auf die für die eingestellte Geschwindigkeit entsprechende Position gefahren, so daß bei Betätigung der Anschlag des Getriebeabgangszahnrades darauf trifft. Im einfachsten Fall kann das Bedeuten, daß der Gegenanschlag nur gegen den Anschlag gefahren wird, sobald die soll-Geschwindigkeit erreicht ist. Läuft der Motor 1 erst nach dem Erreichen der soll-Geschwindigkeit an, so arbeitete er mit der Motor Kraft solange gegen das Pedal, bis die soll Geschwindigkeit wieder erreicht ist. Bei dieser Ausgestaltung gemäß dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist es wiederum möglich die Kraft des Motors zu übertreten, daß heißt den Motor in eine gegenläufige Umdrehung zu zwingen.

Regelungstechnisch muß gewährleistet sein, das in dem Moment des Zusammentreffens der beiden Anschläge die vom Motor erzeugte FFP - Kraft als erhöhte Gegenkraft am Gaspedal spürbar ist.

- 82 -

(=Übergabepunkt) Eine Übertretbarkeit des Übergabepunktes als Sicherheitsaspekt bei Blockieren des Motors kann über eine Rutschkupplung oder vorgespannte Schenkel-/Spiralfeder realisiert werden, die, je nach Einbauort, auch ein eventuelles Blockieren des Getriebes berücksichtigt, wie dies weiter oben im Zusammenhang mit dem Ausführungsbeispiel 24 beschrieben wurde.

Im Rahmen der Erfindung ist folgende Variante möglich: Anstelle der Zahnradgetriebeeinheit kann auch eine Übersetzungseinheit durch ein (Zahn-) Riementrieb 145 eingesetzt werden, wie dies in Figur 24 b gezeigt ist.

In Figur 25b ist die Kurvenscheibe 3 in dem Gehäuse 23 des Pedalmoduls ist über einen Zahnriemen 145 mit einem Getriebe 13 verbunden. Dabei greift der Zahnriemen 145 an einem Zahnrad 146 an jetzt mit einem ersten Ende einer Schenkelfeder 148 verbunden ist. Das gegenüberliegende zweite Ende der Schenkelfeder 148 ist gegen über den ersten Ende dieser Schenkelfeder innerhalb eines nicht näher dargestellten Gehäuses über einen Anschlag 149 vorgespannt. Ein mit einem Kegelzahnrad 150 verbundener zweiter Anschlag 151 ist gegen über den ersten Anschlag 149 drehbar angeordnet. Das Kegelzahnrad 150 ist über einen Kegelgetriebe 152 mit dem Rotor des Motors 1 verbunden.

Bei nicht eingeschalteter FFP-Funktion sind die beiden Anschläge 150 und 151 soweit voneinander entfernt, daß sie bei einer Betätigung des Pedals nicht aneinander angreifen können. Wird in die FFP-Funktion eingeschaltet so bringt der Motor 1 den Anschlag 151 in die der vorgegebenen soll-Geschwindigkeit entsprechende Lage oder fährt im einfachsten Fall sofort die beiden Anschläge gegeneinander. Analog zu dem Ausführungsbeispiel 23 ist zwischen dem Getriebe 13 und dem Motor 1 eine vorgespannte Feder, in dem vor-

- 83 -

liegenden Ausführungsbeispiel vorzugsweise eine Schenkelfeder 148 eingefügt. Dieser Schenkelfeder ist so steif, daß beim Übertreten sie nicht nachgibt. Ist aber der Motor blockiert oder kann der Motor nicht so schnell ausweichen beziehungsweise nachgeben wie der Fahrer das Pedal tritt, so gibt die Schenkelfeder nach und schützt somit die erfindungsgemäße Vorrichtung und gibt zum anderen im Fahrer die Möglichkeit die benötigte Pedalstellung zu erzwingen.

Vorteile

Faile-Safe-Verhalten; Bei blockiertem Getriebe oder Motor kann das Pedal mit einer erhöhten Kraft weiterhin betätigt werden. Bei dynamischen Übertreten und Standardbetätigung keine Motor-trägheitskräfte, da der Anschlag bei nicht eingeschalteter FFP-Funktion in Ruheposition steht.

Steifes System.

Einfacher Aufbau.

Variable Rückstellkraft in der FFP-Funktion durch Momentenerhöhung des Motors.

Geräuscharmer Betrieb bei Riementrieb.

Ausführungsbeispiel 26 gem. Figur 26

(EM02_100)

Dieses Ausführungsbeispiel zeichnet sich dadurch aus, daß es auf den Einbau zusätzlicher Komponenten zur Verwirklichung der erfindungsgemäßen Aufgabe in ein standardmäßiges Pedalmodul verzichtet. Dieses Ausführungsbeispiel besitzt somit keine am Gehäuse befestigte übliche Rückstellfeder (4) und keine Kurvenscheibe (3) welche über einen Koppelhebel (50) und einen Drehhebel (51) an dem Pedal 7 angreift. Dafür zeichnet sich dieses Ausführungsbeispiel durch einen sehr kompakten und einfachen Aufbau aus.

- 84 -

In Figur 26 ist in dem Gehäuse 23 eine Lagerwelle 163 drehbar gelagert. Die Lagerwelle ist einstückig mit einem im wesentlichen zylinderförmigen Ansatz 166 versehen und ist weiterhin mit dem Pedalhebels 7 fest verbunden. In dem Gehäuse 23 ist weiterhin ein Motor 1 befestigt, welcher ein Getriebe 13 antreibt, welches bei der vorliegenden Ausführungsform aus zwei Zahnrädern besteht. Auf der Lagerwelle 163 ist weiterhin eine Anschlagscheibe 164 drehbar gelagert welche einen vorstehenden Anschlag 165 besitzt.

Auf einem Ansatz 166 sitzt eine erste Torsionsfeder 161 welche mit ihrem ersten Ende an dem Gehäuse 23 und mit ihrem zweiten Ende an dem Ansatz 166 angreift. In ähnlicher Weise ist eine zweite Torsionsfeder 160 mit ihrem einen Ende an der Anschlagscheibe 164 verankert während das andere Ende axial in eine Öffnung in der Stirnfläche des zweiten Zahnrades 261 eingreift und somit mit dem zweiten Zahnrad 261 verbunden ist. In ähnlicher Weise greifen die restlichen Federenden der beiden Torsionsfedern in entsprechende Öffnungen in der Anschlagscheibe 164 beziehungsweise dem Ansatz 166 ein, so daß auf diese Federenden Kräfte in beiden Drehrichtungen ausgeübt werden können. In einer bestimmten Winkelstellung des Ansatzes 166 besitzt dieser einen nicht näher dargestellten Gegenanschlag zu dem Anschlag 165. Drückt man das Pedal 7 an dem Pedalhebels nieder, so wird die Lagerwelle 163 mit dem Ansatz 166 verdreht und die erste Torsionsfeder 161 wird aufgezo-gen und stellt auf diese Weise die übliche Rückstellkraft zur Verfügung. Die erste Torsionsfeder 161 übernimmt damit die Aufgabe, die bei den vorangegangenen Ausführungsformen gewöhnlich durch die dort beschriebene Rückstellungsfeder 4 übernommen wurde.

Die Lage des Anschlages 165 ist nun derart gewählt, daß während

- 85 -

des Normalbetriebes, in der keine zusätzliche Stellkraft (FFP-Kraft) aufgebracht werden soll (etwa weil FFP ausgeschaltet ist oder die ist-Geschwindigkeit die soll-Geschwindigkeit noch nicht erreicht hat), bei der Betätigung des Pedals 7 der Gegenanschlag nicht an den Anschlag 165 anschlagen kann. Auf diese Weise kann durch das Pedal 7 beispielsweise E-Gas betätigt werden wenn ein entsprechender Sensor an der Lagerwelle 163 angreift.

Wenn nun die zusätzliche Stellkraft (FFP-Kraft) auf das Pedal wirken soll, so läuft der Motor 1 an und verdreht über das Getriebe 13 das zweite Zahnrad 261 derart, daß der Anschlag 165 gegen den Gegenanschlag am Ansatz 166 anschlägt, wodurch der Motor 1 über das Getriebe 13 mit dem Zahnrad 261 auf die zweite Torsionsfeder 160 einwirkt und wodurch die Anschlagscheibe 164 mit dem Anschlag 165 verdreht wird und über den nicht dargestellten Gegenanschlag den Ansatz 166 mitnimmt. Die Kraftrichtung des wirkamen Anschlages 165 ist dabei derart, daß die von der rückstellenden ersten Torsionsfeder 161 ausgeübte Rückstellkraft unterstützt und damit verstärkt wird.

Soll die zusätzliche Stellkraft durch das Pedal 7 übertreten werden, so können durch das Pedal 7 die Kräfte der beiden Torsionsfedern überwunden werden. Dabei nimmt der Gegenanschlag am Ansatz 166 den Anschlag 165 mit und verdreht hierdurch das Ende der zweiten Torsionsfeder 160.

Bei einer ersten Ausführungsform des Ausführungsbeispiels kann die Steifigkeit der zweiten Torsionsfeder 160 so groß gewählt werden, daß bei den üblichen zum Übertreten notwendigen Kräften das zweite Zahnrad 261 durch das dort angreifende Federende verdreht wird so daß über das Getriebe 13 der Motor rückwärts dreht. Erst wenn eine bestimmte Kraftschwelle überwunden wird weil das

- 86 -

Pedal plötzlich sehr schnell getreten wird oder der Motor 1 beziehungsweise das Getriebe 13 blockiert gibt die Feder 160 nach, um das System vor Schäden zu bewahren und trotz Blockade gleichwohl einen Übertreten des Pedals 7 möglich zu machen.

Bei einer zweiten Ausführungsform des Ausführungsbeispiel zu kann das Getriebe 13 selbsthemmend sein. Das hat den Vorteil, daß man zur Erzeugung der FFP-Kraft nur die Torsionsfeder 160 durch den Motor aufziehen braucht und danach den Motor 1 abschalten kann. Nach dem Erreichen der gewünschten Soll-Geschwindigkeit wird dann der Motor 1 wieder eingeschaltet um dem Anschlag 165 von dem Gegenanschlag weg zu fahren.

Die Lösung der gestellten Aufgabe durch das Ausführungsbeispiel nach Figur 26 läßt sich daher mit anderen Worten Kurz wie folgt beschreiben. Bei dieser Lösung wird die Reaktionskraft im Pedal durch zwei parallel geschaltete Torsionsfedern 160, 161 erzeugt. Das Pedal 7 und die Lagerwelle 163 sind fest miteinander verbunden, so dass eine Pedalbetätigung zu einer Verdrehung der Lagerwelle führt. Die Lagerwelle 163 ist fest mit einem Ansatz 166 verbunden, so daß diese beiden Bauelemente als ein Teil verstanden werden können. Die Torsionsfeder 161 ist mit ihrem einen Ende an der Lagerwelle 163 aufgehängt und stützt sich mit ihrem anderen Ende am Gehäuse 23 ab. Sie liefert die Grundkennlinie und stellt auch die Grundfunktion sicher, wie dies im Zusammenhang mit der Rückstellfeder 4 in den weiter obenstehenden Ausführungsbeispielen beschrieben wurde. Die Torsionsfeder 161 stellt also die weiter oben mehrfach beschriebene übliche Rückstellfeder dar und kann wie diese vorgespannt sein. Die Torsionsfeder 160 ist an ihren Enden zum einen mit der Getriebestufe 13 und zum anderen mit der Anschlagscheibe 164 verbunden. Der Anschlag 165 ist fest mit der Anschlagscheibe 164 verbunden. Die Anschlagscheibe 164

- 87 -

ist drehbar auf der Lagerwelle 163 gelagert und wird vom Motor 1 über die Getriebestufe 13 und die damit verbundene Torsionsfeder 160 verdreht. Damit wird die Lage des Anschlags 165 auf der Anschlagscheibe 164 verändert.

Im Ausgangszustand ohne FFP sind die Lagerwelle und damit der Ansatz 166 und die Anschlagscheibe 164 und damit der Anschlag 165 nicht im Kraftfluss. Soll der Grundkraft der Torsionsfeder (Rückstellfeder) 161 nun eine zweite Kraft (oben regelmäßig als Stellkraft bezeichnet) überlagert werden, weil die ist-Geschwindigkeit die soll-Geschwindigkeit erreicht, so wird durch den Motor 1 die Anschlagscheibe 164 in den Anschlag gefahren, so dass beide Federn über das Pedal verdreht werden. Dabei wird durch den Motor 1 die Anschlagscheibe 164 mit ihrem Anschlag 165 zusammen mit der Torsionsfeder 160 derart verdreht, daß sich der Anschlag 165 der Anschlagscheibe 164 an den Ansatz 166 der Lagerwelle 163 anlegt. Damit ist die Torsionsfeder 160 zu der Torsionsfeder 161 parallel geschaltet und bei einer Betätigung des Pedals 7 muß nicht nur die Torsionsfeder 161 gegenüber dem Gehäuse 23 sondern auch noch die Torsionsfeder 160 gegenüber der Getriebestufe 13 und den Motor 1 aufgezogen werden.

Um die Krafthöhe zu variieren kann nun der Motor 1 mit verschiedenen Geschwindigkeiten entweder mit oder gegen die Drehrichtung der Lagerwelle das Getriebe 13 verfahren, wodurch die Vorspannung der Torsionsfeder 2 variiert wird. Um den Kraftsprung beim Gaspedal besser darstellen zu können sollte die Torsionsfeder 160 gegenüber dem Anschlag 165 vorgespannt sein. Beim Einführen der zusätzlichen Stellkraft kann der Motor die Torsionsfeder 160 derart verdrehen, daß sich ihre Vorspannung etwas vermindert und sie sich dabei über den Anschlag 165 an dem Ansatz 166 abstützt. Eine andere Möglichkeit besteht darin, daß beim Einführen der zusätz-

- 88 -

lichen Stellkraft der Motor die Anschlägscheibe 164 in entgegengesetzter Richtung bewegt und dabei den Anschlag 165 gegen den Ansatz 166 fährt und darauf folgend eine Vorspannung über die Torsionsfeder 160 auf den Ansatz 166 und damit das Pedal 7 aufbringt.

Bei einer abweichenden Anwendung (zum Beispiel im Bremspedal) kann die Lagerwelle mit der Anschlägscheibe dauerhaft im Eingriff sein. Die Force-Feedback-Kraft (das heißt Stellkraft) wird also durch eine Feder mit variabler Vorspannung erzeugt. Anstelle der Torsionsfeder 160 kann auch nur der E-Motor 1 verwendet werden, was allerdings zu Schwierigkeiten im Fail-Safe-Verhalten führen kann wenn der Motor (zum Beispiel bei schnellem Übertreten) blockiert. Anstelle der Torsionsfedern können auch über Hebel angelenkte Zug- oder Druckfedern verwendet werden.

Um leichteren Verständnis der Zeichnung ist noch folgendes zu sagen. Die Zahnräder der Getriebestufe 13 sowie die Anschlägscheibe 164 und die mit einem Ansatz 166 versehene Lagerwelle 163 sind im Schnitt gezeichnet. Das bedeutet das diese Bauelemente die in ihnen verankerten Enden der beiden Federn 160, 161 in beiden Dreh Richtungen mitnehmen können. Der Ansatz 166 und der Anschlag 165 sind derart ausgestaltet, daß die Anschlägscheibe 164 gegenüber dem Ansatz 166 um einen hinreichenden Dreh Winkel verdreht werden kann ohne an dem Ansatz anzuschlagen. Das Ausführungsbeispiel gem. Figur 26 bietet folgende Vorteile: Fail-Safe-Verhalten: bei blockiertem Getriebe oder Motor kann das Pedal mit einer erhöhten Kraft weiterhin betätigt werden. Beim dynamischen Übertreten muss man nur gegen die parallelgeschaltete Feder treten. Sehr einfacher Aufbau. Variable Rückstellkraft in der FFP-Funktion (einführen der Stellkraft). Der Einsatz im Gas- und Bremspedal ist möglich.

- 89 -

Ausführungsbeispiel 27 gem. Figur 27a und Figur 27b

Dieses Ausführungsbeispiel verbindet im wesentlichen die Merkmale des Ausführungsbeispiels 14 mit den Merkmalen der Ausführungsbeispiele 24 und 25 kombiniert. Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispielen wirkt die Spindel 5 allerdings nicht parallel zur Rückstellfeder 4 auf die Kurvenscheibe 3 ein sondern greift über einen getrennten Kraftweg direkt an Pedalhebel sieben an. Der Kraftweg verläuft über einen in dem Gehäuse des Pedalmoduls drehbar angeordneten Übertrethebel 175 der ausgangsseitig mit einem Betätigungshebel 176 über eine Schenkelfeder 177 gekoppelt ist. Der Aufbau der Schenkelfeder ist analog zu der Spiralfeder 97 dem Ausführungsbeispiele 24 oder in der Schenkelfeder 148 in dem Ausführungsbeispiele 25 gewählt. Aus Gründen der Symmetrie ist die Schenkelfeder 177 in zwei Teilfedern aufgespalten. Die Schenkelfeder 177 ist wiederum so kräftig gewählt, daß sie ihre Form bei dem normalen Übertreten nicht ändert. Andererseits schützt sie in die erfindungsgemäße Einrichtung für den Fall, daß plötzliche starke Kräfte auftreten, etwa wenn das Pedal 7 sehr schnell nieder getreten wird und der Motor 1 der Gegenbewegung nicht zu folgen vermag weil das Pedal zu schnell nieder getreten wurde oder der Motor blockiert ist. Diesen Fall gibt die Feder 177 nach und ermöglicht die von dem Fahrer geforderte Pedalbewegung.

Die Ausführungsform gem. Figur 27 läßt sich kurz wie folgt beschreiben. Der Kugelgewindetrieb mit der Gewindehülse 11 und der Spindel 5 wirkt auf den Übertrethebel 175 der über eine vorgespannte Schenkelfeder 177 mit einem Betätigungshebel 176 verbunden ist. Bei aktiver Pedalrückstellung erfolgt so der Kraftfluß. Um das Pedal bei aktiver Rückstellung dennoch schnell betätigten zu können ist eine rotatorisch der Relativbewegung zwischen dem

- 90 -

Übertrethebel und dem Betätigungshebel mit einer etwas höheren Kraft möglich.

Ausführungsbeispiel 28 gem. Figur 28a und Figur 28b

Die Figuren 28a und 28b zeigen zwei Ausführungsformen eines Ausführungsbeispiels, welches stark an das Ausführungsbeispiel gem. Figur 15a und Figur 15b angelehnt ist. Während bei dem zuletzt genannten Ausführungsbeispiel ein stehendes Pedal 7 vorgesehen ist, welches sich um die Drehachse 89 dreht wendet das Ausführungsbeispiel das in Figur 15 beschriebene Prinzip auf ein hängendes Pedal an.

Figur 28a zeigt einen hängenden Pedalhebel 207 der um eine Drehachse 289 gegenüber einem Gehäuse 223 drehbar gelagert ist. Das nicht näher dargestellte Gehäuse 223 stellt das übliche Gehäuse eines hängenden Pedalhebels dar und besitzt den üblichen Aufbau, der hier nicht näher beschrieben werden soll. Das Drehlager 211 ist fest mit dem Gehäuse 223 verbunden. Der Pedalhebel 207 greift über einen Zapfen 212 an dem Lager 289 an, wobei der Zapfen 212 mit dem Pedalhebel 207 fest verbunden ist. Der Zapfen 212 gehört zu einem Drehhebel 214, so daß der Pedalhebel 207 und der Drehhebel 214 kinematisch eine Einheit bilden, die um das Drehlager 211 in dem Gehäuse 223 drehbar ist.

Am freien Ende des Drehhebels 214 ist als Anschlag 216 eine Rolle drehbar gelagert, so daß über den Drehhebel 214 nur senkrecht zu den Drehhebel verlaufende Kräfte übertragen werden können. Mit dem Gehäuse 223 ist weiterhin eine Hülse 217 fest verbunden, die an ihrem einen Ende einen umlaufenden Ansatz 218 besitzt, an dem sich eine Feder 219 abstützt. Das andere Ende der Feder 219 greift an einem umlaufenden Absatz 220 eines Stopfens 222 an, der

- 91 -

in der Hülse 217 verschiebbar geführt ist.

Gegenüber dem Gehäuse 223 und dem Aufbau des Fahrzeugs ist eine Einheit 228 aus Motor und Getriebe fest angeordnet. Der Motor ist in der Lage über das Getriebe eine Bandrolle 230 anzutreiben, wodurch sich über die Bandrolle 230 ein Band oder Seil 234 aufwickeln läßt. Das dem aufgewickelten Ende des Bandes 234 gegenüberliegende Ende des Bandes greift an dem Stopfen 222 an. Durch entsprechendes Aufwickeln des Bandes ist es daher möglich den Stopfen 222 in Figur 28a hinreichend weit nach links zuziehen, so daß seine rechte Stirnfläche außer Eingriff gegenüber dem Anschlag 216 ist und auch dann bleibt, wenn der Pedalhebel 207 entgegen dem Uhrzeigersinn betätigt wird. Die Feder 219 ist dabei derart dimensioniert, daß sie in jeder Lage des Anschlages 216 den Stopfen 222 unter Vorspannung an den Anschlag 216 anlegen kann.

Im Normalzustand, bei dem die ist-Geschwindigkeit unterhalb der soll-Geschwindigkeit liegt, arbeitet das nicht näher dargestellte Standard-Pedalsmodul (223) in der üblichen Weise, wobei die Bandrolle 230 das Band 234 derart weit aufgewickelt hält, daß der Stopfen 222 außer Eingriff gegenüber dem Anschlag 216 bleibt. Die Feder ist dabei unter erheblicher Vorspannung.

Erreichte die ist-Geschwindigkeit die soll-Geschwindigkeit, so gibt eine elektrische Schaltung ein Signal ab, durch welches der Motor der Motor/Getriebe-Einheit 228 eingeschaltet wird. Dabei spult der Motor die Bandrolle 230 derart ab, daß der Anschlag 236 des Stopfens 222 sich an den Anschlag 216 des Drehhebels 214 anlegt und hierdurch eine zusätzliche Stellkraft auf den Pedalhebel 207 ausübt. Diese Stellkraft kann durch geeignete Wahl der Feder 219 dimensioniert werden.

Hat der Fahrer schließlich die Ist-Geschwindigkeit auf die Soll-Geschwindigkeit gebracht, so wird durch den Motor und das Getriebe (228) der Anschlag 236 in dieser Position gehalten.

Für das Getriebe ist es sehr vorteilhaft, wenn dieses selbsthemmend ist, da in diesem Falle der Motor von der Zugkraft der Feder 219 entlastet ist. Der Motor verstellt dann nur die Bänderrolle 230 in Richtung der Kraft der Feder oder entgegen der Richtung der Kraft der Feder ist aber im übrigen über die ganze Zeit entlastet, in der keine Verstellung des Bandes 234 vorgenommen wird.

In Figur 28a ist im Bereich des Anschlages 236 ein Mikroschalter an dem Stopfen 222 angebracht, der durch den Anschlag 216 geschaltet werden kann. Es ist daher möglich ein elektrisches Signal dann durch den Mikroschalter 237 abzugeben, wenn die (zusätzliche) Stellkraft auf den Drehhebel 214 und damit den Pedalhebel 207 zu wirken beginnt. Diese elektrischen Signale können beispielsweise dazu dienen den Motor der Einheit 228 abzuschalten und/oder dem Fahrer anzuzeigen, daß die Stellkraft wirksam geworden ist.

Die Ausführungsform des Ausführungsbeispiels nach Figur 28b unterscheidet sich von der nach Figur 28a im wesentlichen nur dadurch, daß die Feder 219 in Figur 28a durch zwei hintereinander geschaltete und ineinander verschachtelt angeordnete Federn 238 und 249 ersetzt ist. Die mit der Feder 219 in Figur 28a vergleichbare Feder 238 in Figur 28b stützt sich daher nicht direkt an dem Anschlag 216 ab sondern greift an einem hülsenförmigen Zwischenglied 252 an, Exils mit seinem anderen Ende die zweite Feder 249 abstützt. Diese zweite Feder 249 wirkt dann wie weiter oben schon in Zusammenhang mit Figur 28a im beschriebenen auf den

- 93 -

Stopfen 222 ein. Der Vorteil dieser Maßnahme besteht im wesentlichen darin, daß man die beiden Federn derart abstimmen kann, daß man zwar in jeder Lage des Anschlages 216 eine hinreichend große Stellkraft erhält, diese Stellkraft aber dann weniger abhängig von der Lage des Anschlages 216 ist. Insbesondere erhält man hierdurch eine flachere Federkennlinie und eine kleinere Federrate.

Das Ausführungsbeispiel gem. Figur 28 sowie auch weiterer Ausführungsbeispiele gestattet es, daß, während die Stellkraft wirksam ist (also die FFP-Kraft wirkt), der Motor ständig eingeschaltet bleibt. Hierdurch ist es möglich die von der Feder 219 beziehungsweise 238,249 abgegebene Kraft in ihrer Höhe zu regeln. Dies ist deshalb wichtig, da ja die wirksame Stellkraft von der Lage des Anschlages 216 abhängt. Steht also bei dem Einsatz der Stellkraft Anschlag 216 in der Figur 28 weit links so wird die rückwirkende Kraft größer sein als wenn bei dem Einsatz der Stellkraft der Anschlag 216 weit rechts steht. Hierdurch ergeben sich abweichende Stell-Kräfte, die insbesondere dann recht unterschiedlich sind, wenn die Federkonstante sehr groß ist. Mit Hilfe des Motors ist es nun möglich die bei hoher Pedalkraft (Anschlag 216 weit links) auftretende hohe Stellkraft dadurch zu reduzieren, indem der Motor die Bandrolle 230 entgegen der Stellkraft etwas aufzieht.

Das Ausführungsbeispiel gemäß den Figuren 28a und 28b läßt sich mit anderen Worten kurz wie folgt beschreiben. Die Konstruktion basiert auf dem Federkonzept gem. den Figuren 15a und 15b, welches schon dort im Zusammenhang mit einem stehenden Gaspedal beschrieben wurde. Die hier dargestellte Ausführung gem. Figur 28b ist für ein hängendes Gaspedal. Am Pedalhebel 207 des Standardpedal-Modul (223) ist ein Anschlaghebel 214 angebracht, über den

- 94 -

eine erhöhte Pedalkraft aufgeprägt werden kann. Diese erhöhte Pedalkraft wird über ein Federpaket ((218, 238, um 52,249, 222) erzeugt. Ist die FFP-Funktion ausgeschaltet (keine Stellkraft), wird das Federpaket zusammengedrückt. Dies geschieht darüber, dass das Band 234 auf der Bandrolle 230 über die Motor-/Getriebeeinheit 228 aufgewickelt wird. Damit der Motor nach dem Aufwickeln des Bandes ausgeschaltet werden kann ist es vorteilhaft ein selbsthemmendes Getriebe zu verwenden. Es kann jedoch auch ein Rastmechanismus zur Fixierung der Endlage verwendet werden. Wird die FFP-Funktion eingeschaltet (einführen der Stellkraft), wird das Federpaket bis zum Übergabepunkt entspannt. Damit wird dem Fahrer durch die Erhöhung der Pedalkraft das Erreichen eines vordefinierten Fahrzustandes mitgeteilt. Beim Erreichen des Übergabepunktes wird der im Anschlag des FFP-Moduls integrierte Mikroschalter geschaltet. Auf diese Weise kann das Erreichen des Übergabepunktes genau ermittelt werden. Eine denkbare Lösung besteht darin das statt einem Mikroschalter die Kontaktflächen der Anschläge als Schalterkontakte verwendet werden.

Eine weitere Ausführungsform zeigt Figur 28a. Bei dieser Variante wird nur eine Feder zur Erzeugung der FFP-Kraft verwendet. Der Vorteil der Variante in Figur 28b mit den zwei in Reihe geschalteten Federn liegt darin, dass die Federrate reduziert wird und somit der Kraftanstieg über dem Pedalhub geringer ist.

Der Kraftanstieg über dem Pedalhub kann über den Motor kompensiert werden, indem man ihn leicht bestromt und er damit ständig am Band 234 zieht und somit die erforderliche Pedalkraft abgesenkt wird. Wird der Strom über dem Pedalhub leicht erhöht kann eine annähernd konstante Pedalkraft erzeugt werden. Auf diese Weise kann natürlich auch das Kraftniveau allgemein angepasst

- 95 -

werden.

Ausführungsbeispiel 29 gem. Figur 29a und Figur 29b

Die Mechanik vom Force-Feedback-Pedal-Systemen ist empfindlich gegen Staub und muß dementsprechend vor Staub geschützt werden. Hier zu ist ein Faltenbalg 180 vorgesehen der das Gehäuse und die aus dem Gehäuse in Richtungspedal ragenden Elemente gegen Einflüsse der Umwelt abdichtet.

Bei einem schnellen Treten des Pedals wird aber der Faltenbalg in sehr kurzer Zeit zusammen gedrückt. Die dadurch zusammen gepreßte Luft kann zu einem unerwünschten Verhalten des Systems führen in dem entweder das Pedal nicht schnell genug nieder gedrückt werden kann (Zeitverzögerung) oder in dem der Faltenbalg beschädigt beziehungsweise demontiert wird (Ausbeulen, Ausknöpfen und so weiter)

Um dies zu verhindern dient ein Filter, der im Faltenbalg oder im Gehäuse untergebracht ist und für Druck-Ausgleich sorgt.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, zusätzlich zu dem Filter ein Ventil vorzusehen, welches sehr einfach ausgestaltet sein kann (Flatterventil). Es ist auch möglich das Ventil in den Filter zu integrieren. Ein Ausführungsbeispiel hierzu ist in Figur 28b dargestellt.

Figur 28 zeigt den üblichen Aufbau eines Pedalmoduls wie er in den vorangegangenen Ausführungsbeispielen vielfach beschrieben wurde und daher an dieser Stelle nicht nochmals erläutert werden soll. Zwischen Pedal 7 und dem Gehäuse 23 ist ein Faltenbalg 180 angeordnet der den Koppelhebel 50 umgibt. Um den sich bei dem

- 96 -

Niederdrücken des Pedals und damit dem Zusammenfallen des Faltenbalges entstehenden Druck aus dem Gehäuse 23 abzulassen ist ein in die Wand des Gehäuses 23 eingefügter Filter 181 mit zwei Flügeln 183 versehen, die sich unter dem Druck öffnen. Wird später bei Rücknahme des Pedals dieses durch die Rückstellfeder langsam zurückgeschoben so schließen sich die Flügel 183, die aus einem filternden Material bestehen und es kann die in das Gehäuse 23 zurück strömende Luft gefiltert in diesem Raum eintreten.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Steuerung eines Fahrzeugparameters insbesondere der Geschwindigkeit oder der Verzögerung eines Fahrzeugs, welche ein vorzugsweise als Pedal (7) ausgestaltetes Steuerorgan aufweist, über welches der Parameter insbesondere die Antriebskraft des Fahrzeugmotors und damit die Geschwindigkeit des Fahrzeugs oder die Bremskraft und damit die Verzögerung des Fahrzeugs einstellbar ist, wobei die durch eine entsprechende Betätigungskraft herbeigeführte Lageänderung des Steuerorgans (7) gegenüber seiner Ausgangslage entgegen einer Rückstellkraft zu einer Erhöhung des Parameters insbesondere der Antriebskraft des Motors oder der Bremskraft der Bremsanlage führt, wobei bei nachlassender Betätigungskraft die Rückstellkraft das Steuerorgan (7) in Richtung seiner Ausgangslage zurückbefördert und wobei ein Stellglied vorgesehen ist, welches in Abhängigkeit von einer oder mehreren vorbestimmten Meßgrößen des Fahrzeugs eine in Rückstellungsrichtung des Steuerorgans wirkende zusätzliche Stellkraft aufbringt, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stellkraft durch einen elektromechanischen Aktuator(1, 13, 5, 11, 9) erzeugt wird, daß der Aktuator durch ein Stellsignal angesteuert wird, welches von der Abweichung einer Meßgröße des Fahrzeugs von einem Sollwert, insbesondere der Fahrgeschwindigkeit von einer vorgegebenen Sollgeschwindigkeit oder Bremskraft von einer zulässigen Bremskraft , ausgelöst wird oder zumindest abhängig ist. daß die Stellkraft in Abhängigkeit von der Abweichung des Sollwertes insbesondere der ist-Geschwindigkeit von der soll-Geschwindigkeit auf das Steuerorgan einwirkt, daß Übertretmittel (1, 13, 9, 160, 217) vorgesehen sind, über welche die Stellkraft durch eine hinreichend große Betätigungskraft übertretbar ist.

- 98 -

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stellkraft sprungartig einsetzt.
3. Vorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß in dem Aktuator ein elektromechanischer Artantrieb insbesondere ein Elektromotor (1) vorgesehen ist, der die Stellkraft aufbringt.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Aktuator (1) insbesondere Elektromotor erst dann betätigt wird, wenn die ist-Geschwindigkeit gleich oder größer der eingestellten soll-Geschwindigkeit ist.
5. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stellkraft nur entgegen der Betätigungskraft aber nicht in Richtung der Betätigungskraft wirksam ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß Notfallmittel (9, 160) vorgesehen sind, die ein Übertreten des Pedals entgegen der Stellkraft auch dann gestatten, wenn die Übertretmittel (1, 13) eine Blockade aufweisen.
7. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Gegenanschlag (17, 43, 165) vorgesehen ist, der in Abhängigkeit von der Stellung des Pedals (7) in seiner Lage veränderbar ist und daß ein Anschlag (87, 45, 166) vorgesehen ist, welcher mit dem Aktuator verbunden ist und daß der Anschlag und der Gegenanschlag (17, 43, 165) in den Kraftweg der Stellkraft eingefügt sind und daß die Stellkraft dadurch auf das Pedal ausgeübt wird in dem der Anschlag an den Gegenan-

- 99 -

schlag angreift.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Aktuator eine elektrische Steuerschaltung (240) besitzt, die bei hinreichend kleinem Abstand zwischen ist-Geschwindigkeit und soll-Geschwindigkeit ein Schaltsignal abgibt, durch welches der Anschlag (87, 45, 166) mit den Gegenanschlag in Eingriff gebracht wird, wodurch die von dem Aktuator abgegebene Stellkraft zu dem Pedal übertragen wird.
9. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Notfallmittel (9, 160) dann ansprechen, wenn bei wirksamer Stellkraft die auf das Pedal ausgeübte Bestätigungskraft eine vorgegebene Schwelle überschreitet.
10. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß in den Aktuator (1) zur Darstellung der zusätzlichen Stellkraft die Übertretmittel (1) integriert sind.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10), **dadurch gekennzeichnet**, daß die Übertretmittel mit einem Elektromotor (1) versehen sind, welcher zum einen zur Abgabe der Stellkraft des Aktuators in einer ersten Bewegungsrichtung elektrisch angetrieben wird und welcher zum anderen derart aufgebaut ist, daß er durch eine hinreichend große Betätigungskraft entgegen der ersten Bewegungsrichtung mechanisch bewegbar ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Elektromotors ein Linearmotor (120) ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der

- 100 -

Aktuator mit einem Getriebe (13) und/oder mit einer Kupplung (73, 82) versehen ist, über welche er die Stellkraft an das Pedal (7) abgibt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß in den Kraftfluß zwischen Aktuator (1) und Pedal (7) als Notfallmittel eine Sicherheits-Feder (9) geschaltet ist und daß die Feder Konstante dieser Feder derart ausgewählt ist, daß sie erst dann elastisch nachgibt wenn die auf das Pedal (7) ausgeübte Betätigungskraft eine bestimmte Schwelle überschreitet,
15. Vorrichtung nach Anspruch 14, daß die Schwelle derart hoch gewählt ist, das bei einer über dieser Schwelle liegenden Betätigungskraft eine hinreichende Wahrscheinlichkeit besteht, daß die Übertretmittel (1, 13) blockieren.
16. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Aktuator mit einem Übertragungsglied (5) versehen ist, über welches der Aktuator die Stellkraft abgibt und daß die von dem Übertragungsglied (5) abgegebenen Stellkraft direkt auf das Steuerorgan insbesondere das Pedal (7) einwirkt.
17. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die von dem Übertragungsglied (5) abgegebenen Stellkraft gemeinsam mit der die Rückstellkraft abgebenden Kraftquelle (4) insbesondere Rückstellfeder an einer die Rückstellkraft zum Steuerorgan hin umleitenden Umleiteinrichtung, insbesondere einer Kurvenscheibe (3), angreift. (1-255, 2-067, 2-087, 2-069)
18. Vorrichtung nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß die

- 101 -

Stellkraft mit der Rückstellkraft über einen gemeinsamen Angriffspunkt an der Umleiteinrichtung (3) angreift.

19. Vorrichtung nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß die mit der Rückstellkraft in Reihe geschaltete Stellkraft an dem Angriffspunkt (10) angreift. (1-253, 1-275, 2-002, 2-014, 2-206)
20. Vorrichtung nach Anspruch 13 und 16, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Stellkraft dadurch einsetzt, daß eine Kupplung (64 bis 68, 73, 79, 82) eingeschaltet wird über welche der eingeschaltete Elektromotor (1) mittelbar oder unmittelbar auf das Steuerorgan beziehungsweise das Pedal (7) einwirkt.
21. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet** war, daß die Stellkraft gegen einen entgegen der Stellkraft beweglichen Anschlag (87) wirkt, wobei die Lage des Anschlages derart eingestellt wird, daß das Steuerorgan (7) entgegen der auf den Anschlag einwirkenden Stellkraft auf den Anschlag einwirkt wenn der zu steuernde Parameter, insbesondere die Fahrgeschwindigkeit, ihren Sollwert erreicht hat.
22. Vorrichtung nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, daß auf den Anschlag eine Vorspannfeder (97) einwirkt, die vorzugsweise durch die Kraft des Elektromotors (1) vorgespannt wird.
23. Vorrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Vorspannfeder eine Spiralfeder (97) ist und daß der Anschlag (87) linear verstellbar ist oder um einen Drehwinkel verstellbar ist. (1-242; 1-257; 2-087)

- 102 -

24. Vorrichtung nach Anspruch 23, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Vorspannfeder(9) eine Schraubenfeder ist die durch die Kraft eines Elektromotors (1) vorspannt wird und daß die Lage des Anschlages (87) durch die von dem Elektromotor auf die Schraubenfeder ausgeübte Kraft eingestellt wird. (2-014)
25. Vorrichtung nach Anspruch 17 und 24, **dadurch gekennzeichnet**, daß eine oder mehrere Rückholfedern (4) mit dem Steuerorgan vorzugsweise über Seile (8) verbunden sind und daß an der Verbindung ein Gegenanschlag (17) vorgesehen ist, der an den Anschlag (87) anlegbar ist. (2-014)
26. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Anschlag (87) gegenüber dem Steuerorgan ortsfest angeordnet ist und daß das Steuerorgan mit einem verstellbaren Gegenanschlag (43) versehen ist.
27. Vorrichtung nach Anspruch 26 **dadurch gekennzeichnet**, daß der Gegenanschlag durch einen in dem Steuerorgan (7) angeordneten Motor (1) verstellt wird. (1-269).
28. Vorrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Lage des Anschlages durch die einstellbare Länge eines Seiles oder Bandes (110, 130, 234)) festgelegt ist welches mit seinem einen Ende an dem Anschlag (236) und mit seinem anderen Ende vorzugsweise an einer Vorspannfeder(9) angreift.
29. Vorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Elektromotor (1) nur in einer ersten Richtung dreht.
30. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das

- 103 -

die Stellkraft einspeisende Übertragungsglied (5) derart elastisch gelagert ist, daß eine über das Steuerorgan insbesondere Pedal (7) ausgeübte Betätigungskraft das Übertragungsglied (5) entgegen der Stellkraft zu verschieben vermag, sobald die Betätigungskraft eine hinreichende Höhe erreicht.

31. Vorrichtung nach Anspruch 30, **dadurch gekennzeichnet**, daß in den Kraftweg zwischen Pedal (7) und Motor (1) ein elastisches Glied, insbesondere eine Sicherheitsfeder (9) mit hoher Federkonstante geschaltet ist und daß zwei Kraft-Bereiche vorgesehen sind die von dem Pedal über den Kraftweg zum Motor hin ausgeübt werden können, wobei innerhalb des ersten Kraftbereiches die Sicherheitsfeder nicht deformiert wird und wobei innerhalb des zweiten Kraftbereiches die Sicherheitsfeder deformiert wird.
32. Vorrichtung nach Anspruch 30, **dadurch gekennzeichnet**, daß das elastische Glied (9) durch eine vorzugsweise vorgespannte Spiralfeder oder Schraubenfeder oder Schenkelfeder gebildet ist.
33. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Getriebe Planetengetriebe (62) oder ein Kugel-Gewinde-Trieb (13) ist, wobei vorzugsweise eine Gewinde-Spindel (5) vorgesehen ist, welche unmittelbar auf das Steuerorgan (7) einwirkt. (1-253)
34. Vorrichtung nach Anspruch 14 und 33, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gewinde-Spindel (5) oder die Gewinde-Mutter (11) in axialer Richtung durch eine Übertretfeder (9) elastisch gelagert ist. (1-270, 2-001, 2-015)

- 104 -

35. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Getriebe (13) mit einer die Rückstellkraft aufbringenden Rückstellfeder (4) in Reihe geschaltet ist. (1-275, 2-001)
36. Vorrichtung nach Anspruch 14 und 35, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Getriebe (13) mit einer die Überwindung der Stellkraft ermöglichenden Sicherheits-Feder (9) in Reihe geschaltet ist. (2-002)
37. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Sicherheits-Feder (9) eine sehr viel größerer Vorspannkraft besitzt als die Rückstellfeder (4).
38. Vorrichtung nach Anspruch 36 und 37, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Übertretfeder (9) und die Rückstellfeder (4) miteinander in Serie geschaltet und ineinander verschachtelt angeordnet sind. (1-275, 2-001)
39. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kupplung mittels Zähnen oder Reibschluß kuppelt. (1-237, 1-254, 1-253, 1-255)
40. Vorrichtung nach Anspruch 39, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kupplung eine Scheibenkupplung ist, daß die Kupplung eine mit einem Gewinde versehene Schaltwelle besitzt, die auf Grund ihrer Massen-Trägheit bei Anlaufen einer durch den Elektromotor angetriebenen Gewindemutter in Schaltstellung geht. (1-237, 1-254)
41. Vorrichtung nach Anspruch 39, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kupplung eine Stange (64, 68) besitzt, welche mit Hilfe eines Schaltmagneten oder einer durch den Elektromotor betätigten

- 105 -

Schaltwelle insbesondere Exzenter-Welle eingeschaltet wird.
(1-255, 1-253)

42. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Reaktionsschiene (123) des Linearmotors (120) gekrümmt und der Induktor (122) auf einem Drehhebel (121) angeordnet ist, welcher um die Drehachse der Kurvenscheibe (3) gemeinsam mit dieser drehbar ist.
43. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Reaktionsschiene (123) des Linearmotors gekrümmt und der Induktor (122) auf einem Drehhebel (121) angeordnet ist, daß der Drehhebel mechanisch mit dem Pedal (7) gekoppelt ist, und daß eine Rückzugsfeder (4) über den Drehhebel die auf das Pedal wirkende Rückstellkraft überträgt. (2-086)
44. Vorrichtung nach Anspruch 12 und 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Übertragungsglied durch die Reaktionsschiene (123) des Linearmotors (120) gebildet ist und daß dem im Gehäuse des Aktuators befestigten Induktor (122) des Linearmotors (120) das Stellsignal zugeführt wird. (2-206)
45. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mittel zur Übertragung der Rückstellkraft und/oder der Stellkraft auf das bewegbar angeordnete Steuerorgan (7) vor dem Zutritt der umgebenden Luft geschützt sind (Fig. 29)
46. Vorrichtung nach Anspruch 45, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Mittel durch mindestens eine Manschette (180) geschützt sind und daß ein Ventil (181) vorgesehen ist, durch welches der die Mittel umgebenden Raum insbesondere bei einer Betätigung des Steuerorgans belüftet werden kann. (2-068)

- 106 -

47. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Aktuator (1) und die die Rückstellkraft zur Verfügung stellende Kraftquelle (4) innerhalb des Gehäuses (23) eines Pedalmoduls angeordnet sind.
48. Vorrichtung nach Anspruch 47, **dadurch gekennzeichnet**, daß das als Pedalhebel (7) ausgestaltete Steuerorgan an dem Gehäuse (23) des Pedalmoduls drehbar angelenkt ist.

1/43

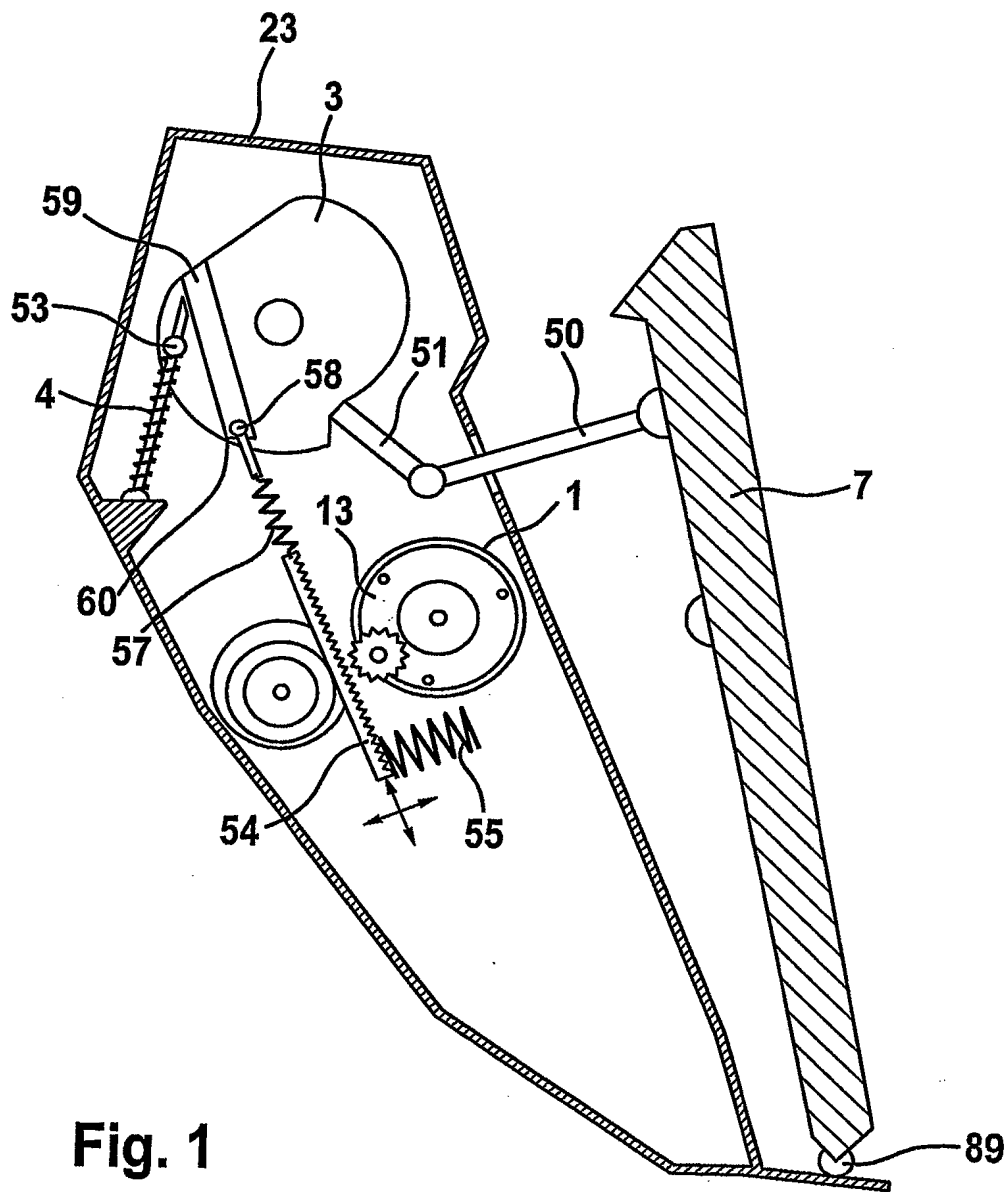


Fig. 1

2/43

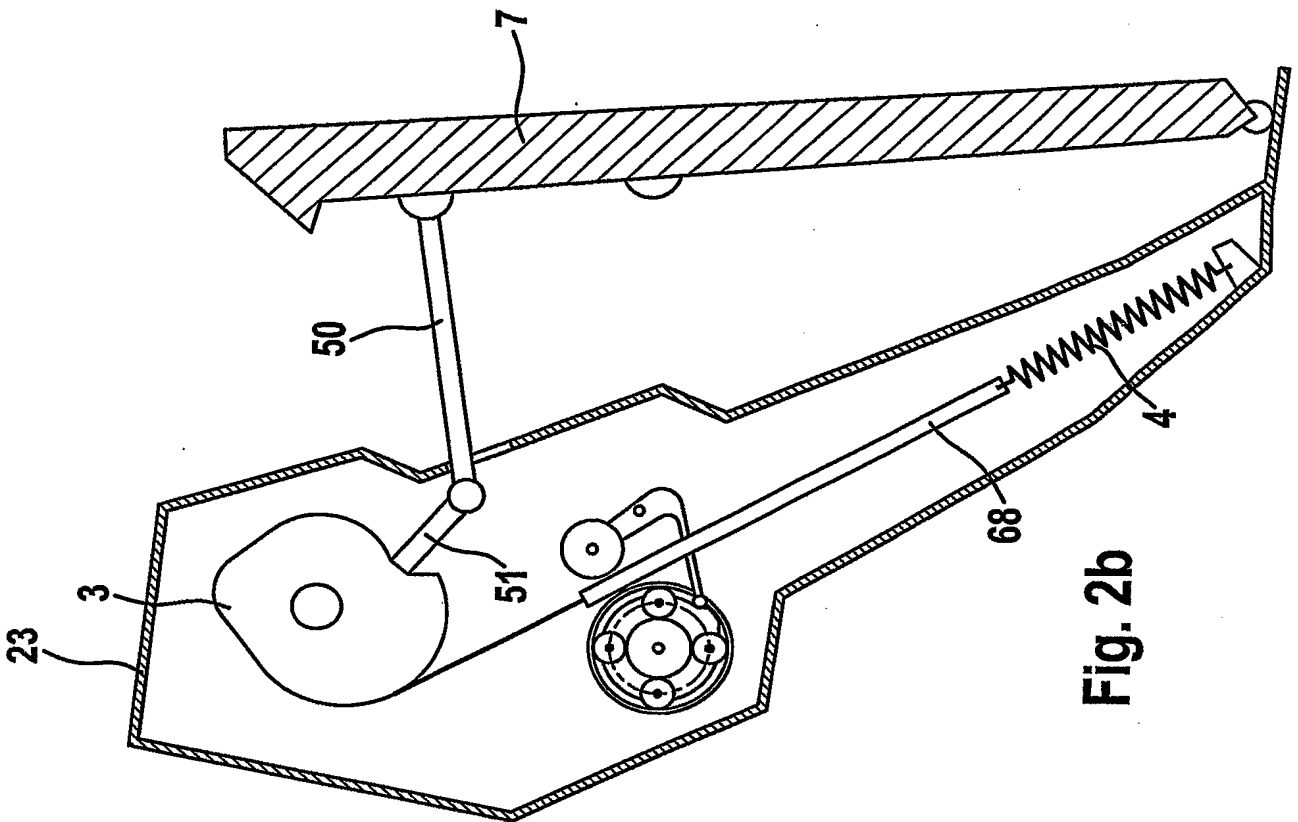


Fig. 2b

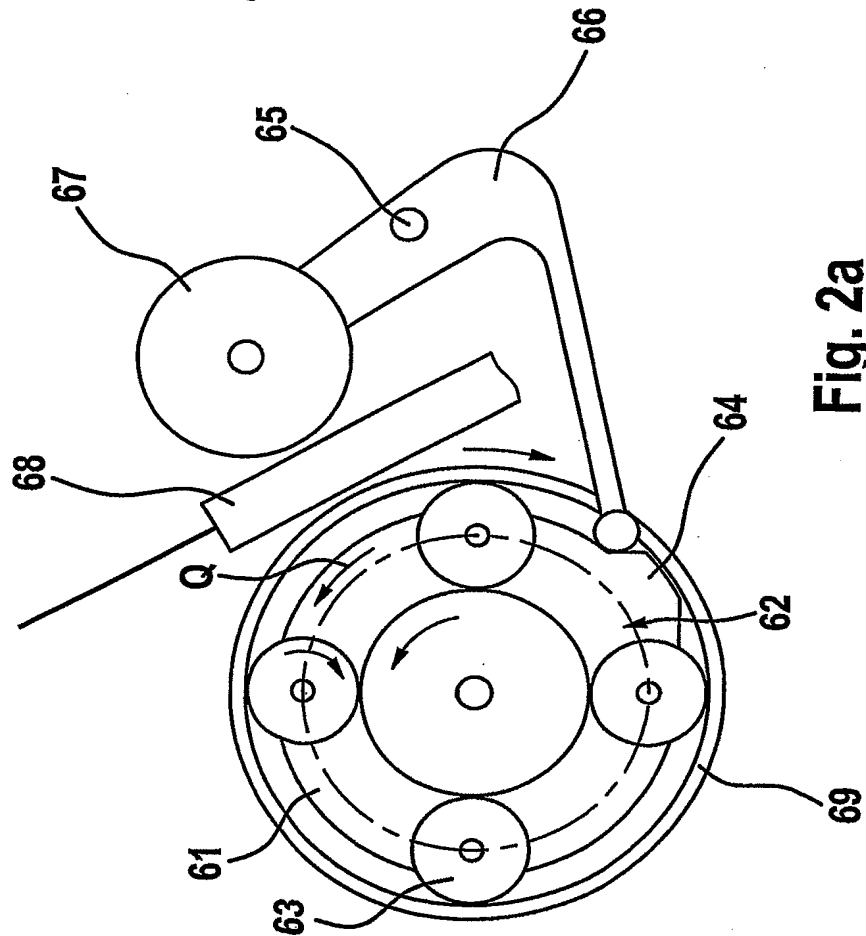


Fig. 2a

ERSATZBLATT (REGEL 26)

3/43

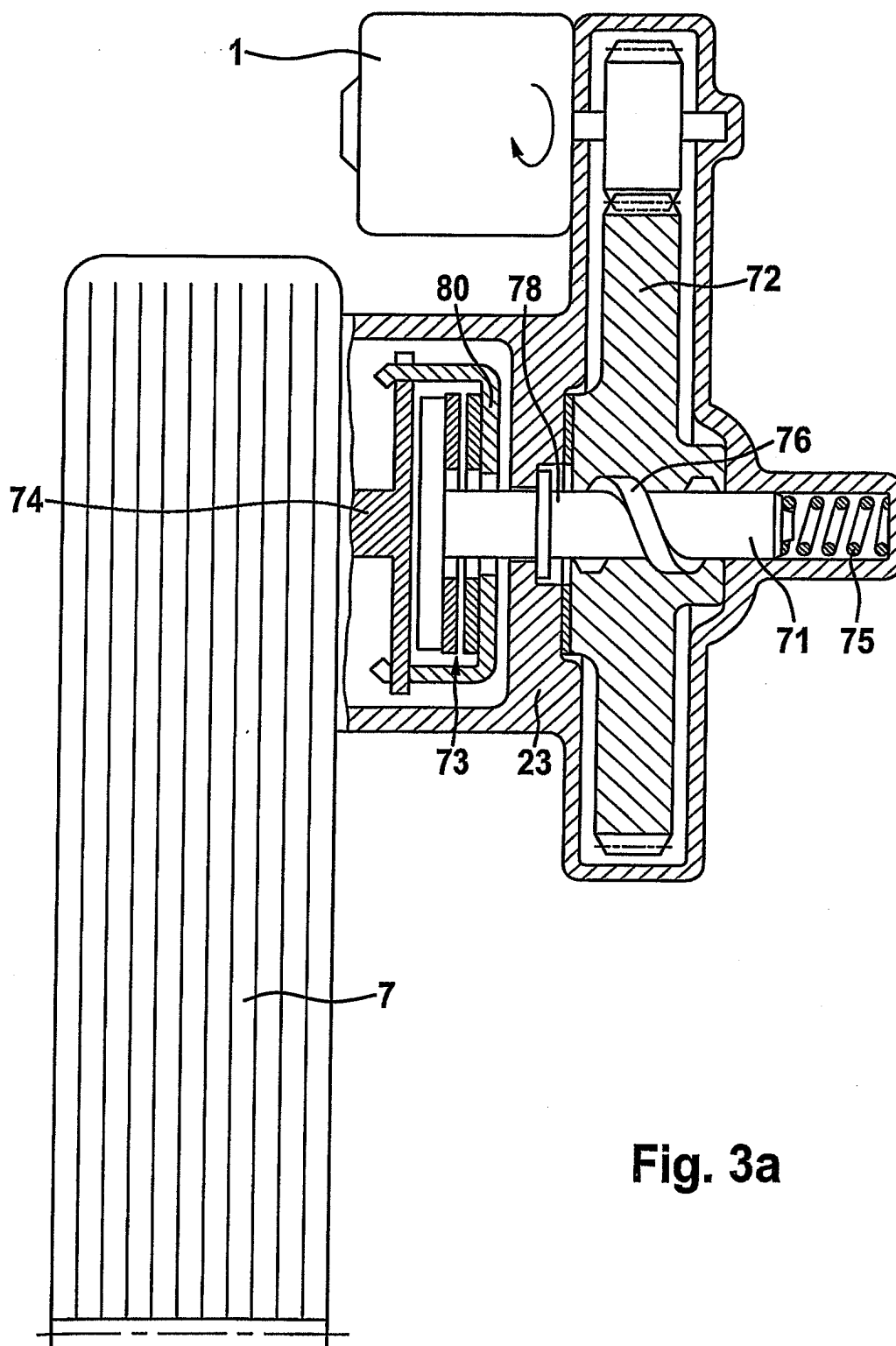


Fig. 3a

4/43

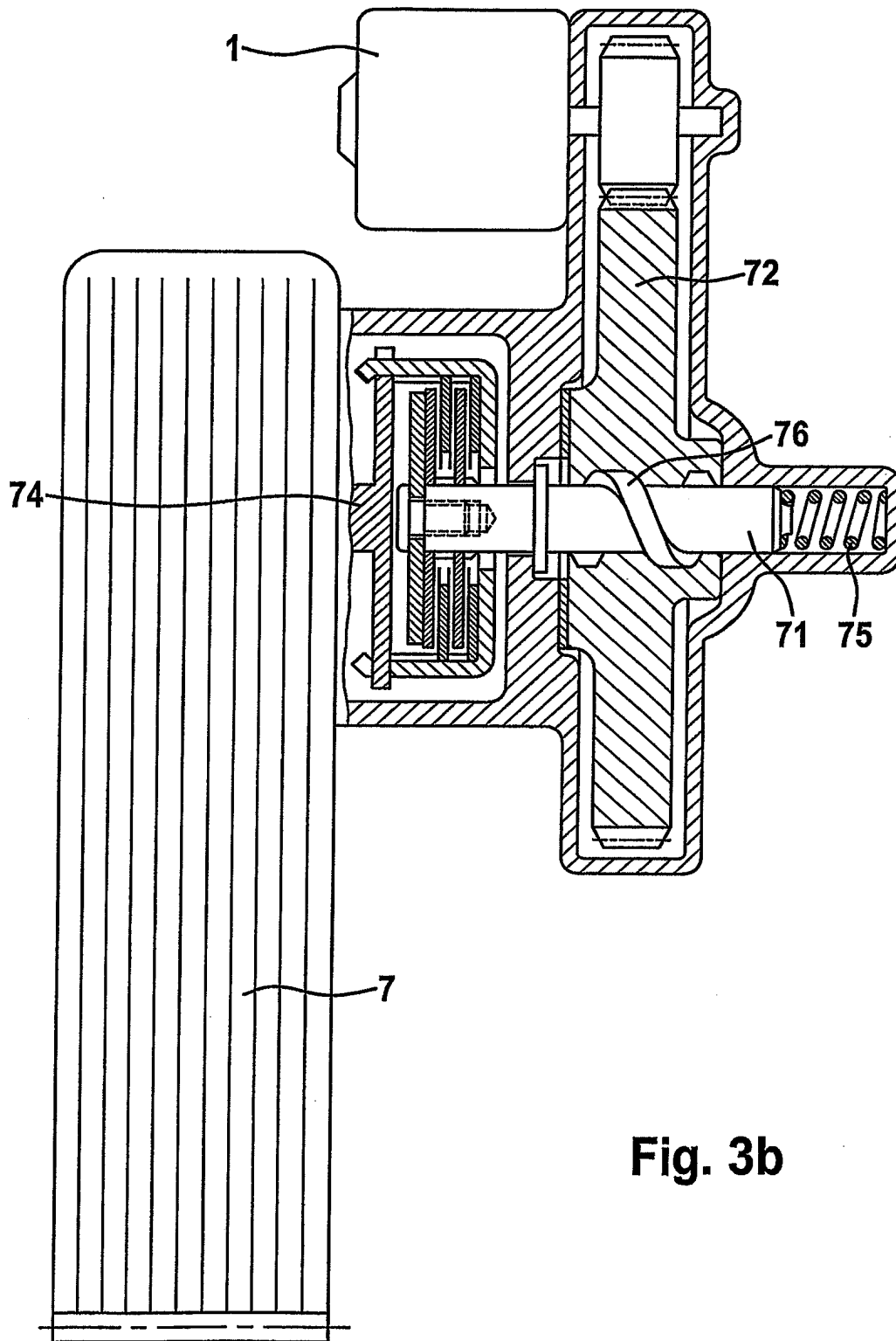


Fig. 3b

5/43

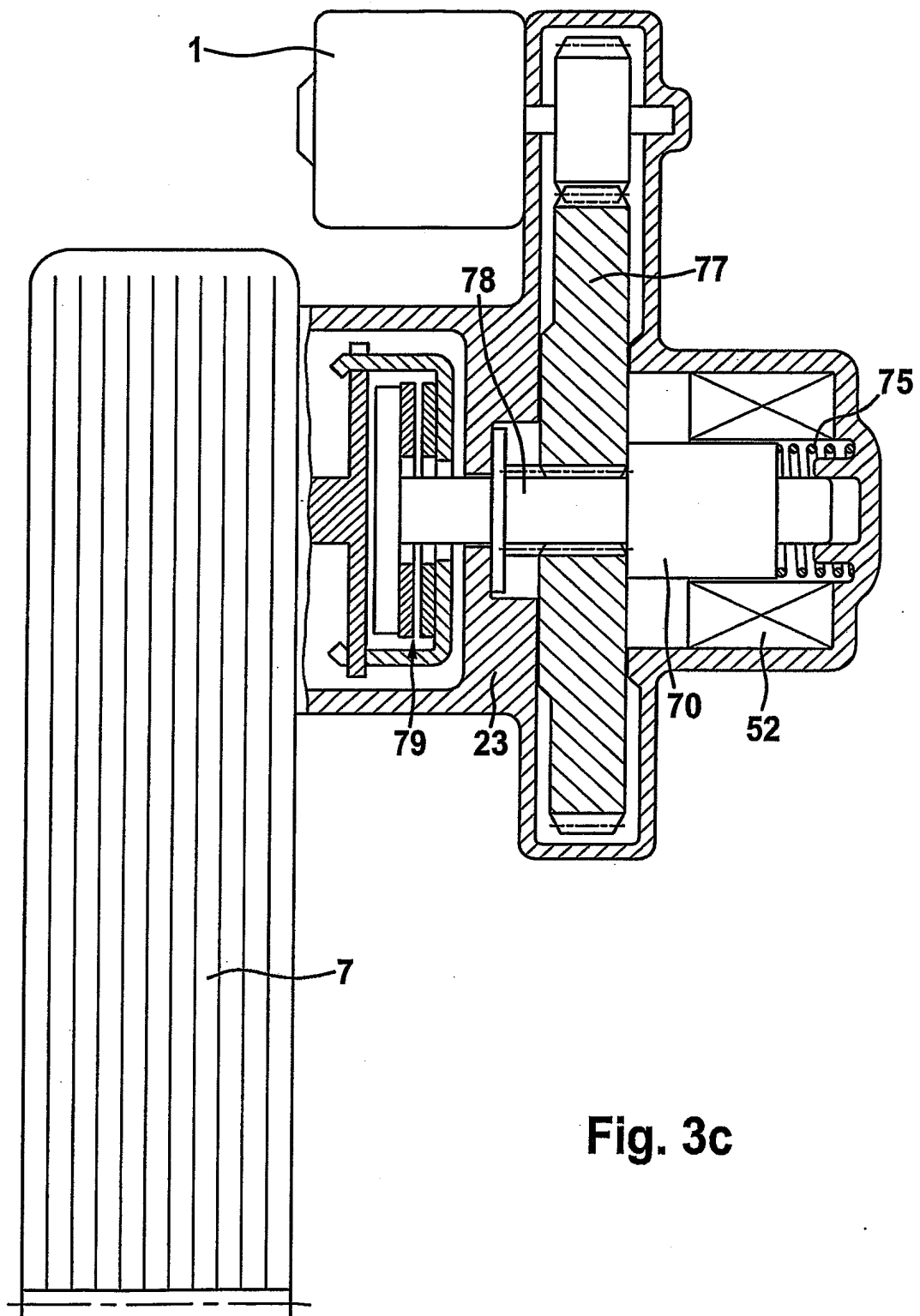


Fig. 3c

6/43

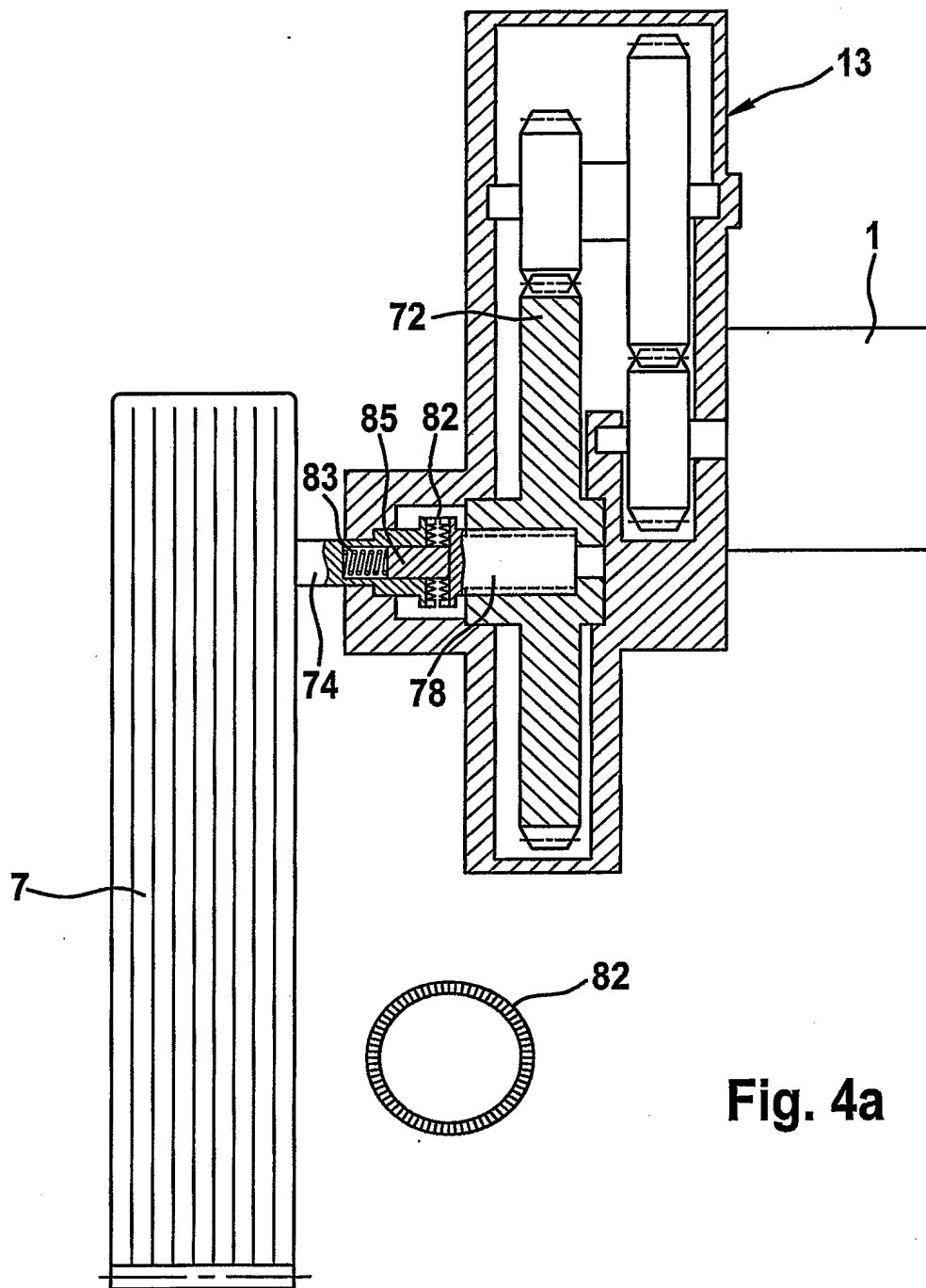


Fig. 4a

7/43

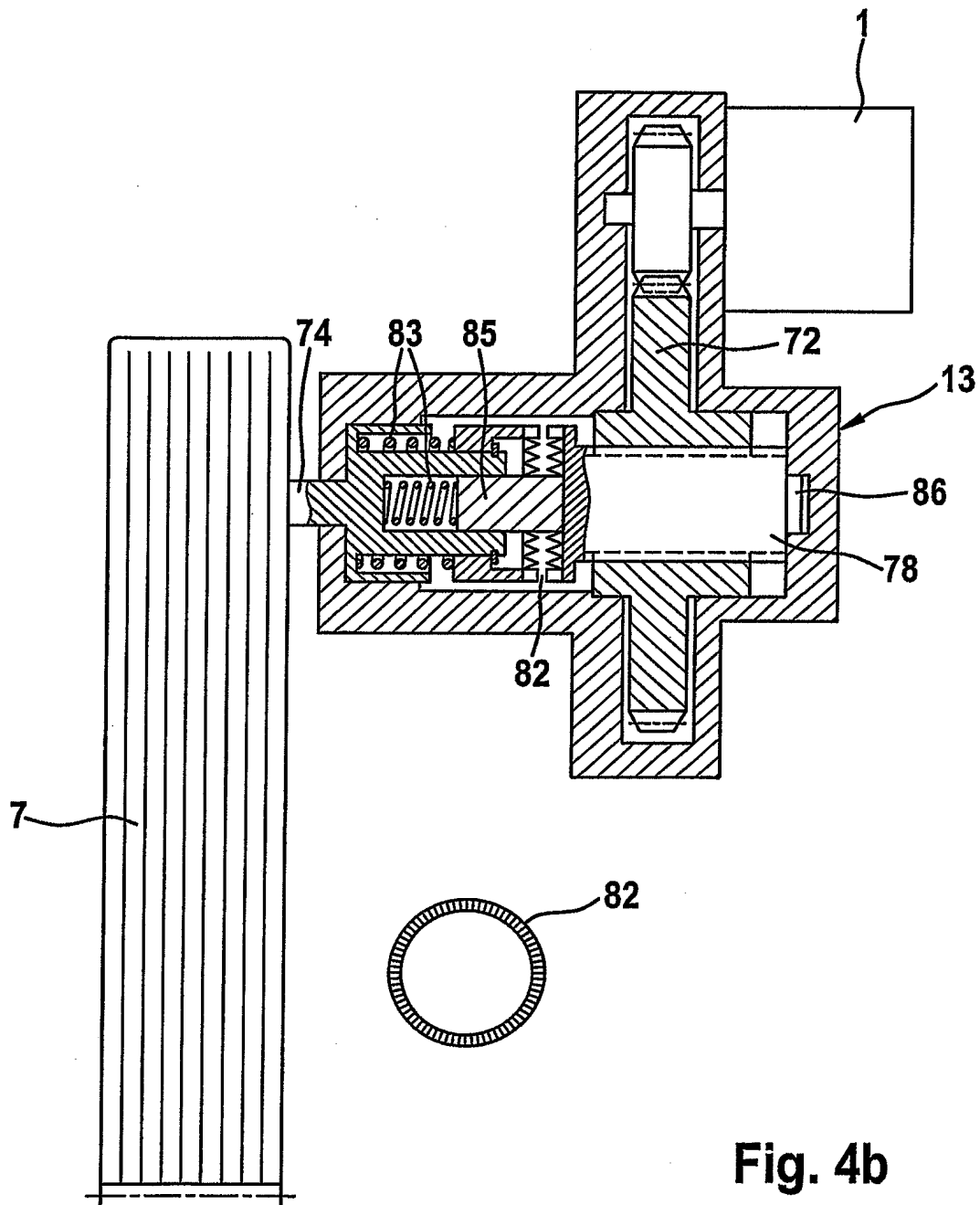


Fig. 4b

8/43

Fig. 5a

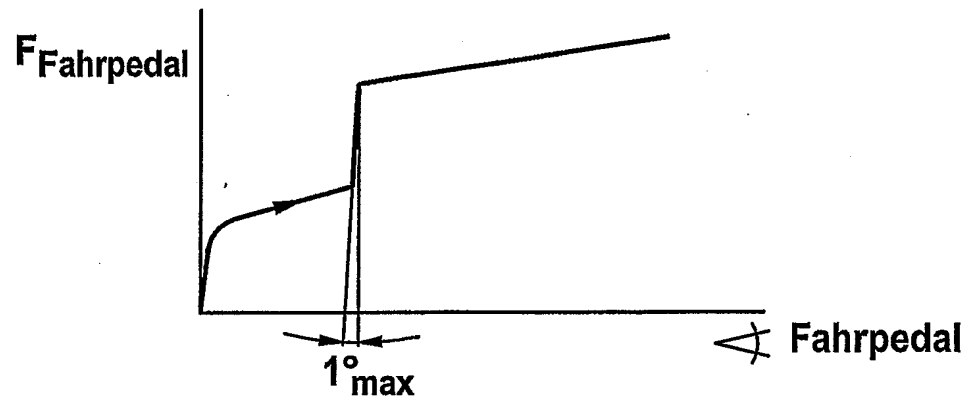


Fig. 5b

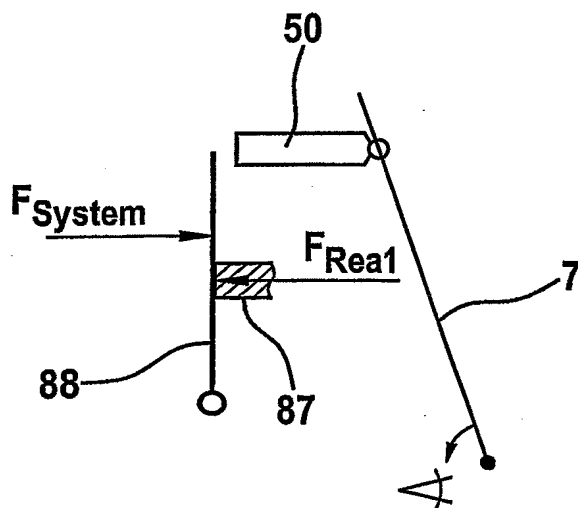
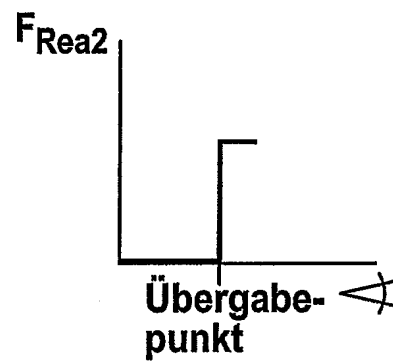


Fig. 5c

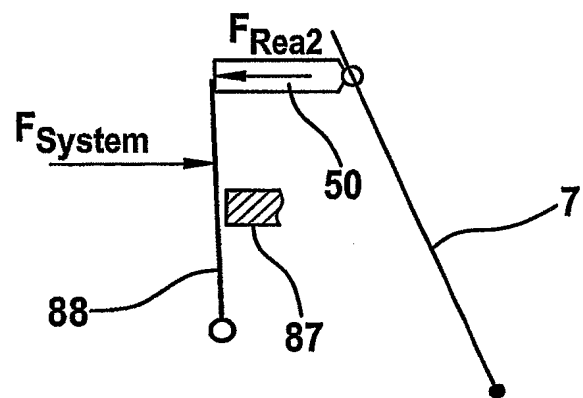
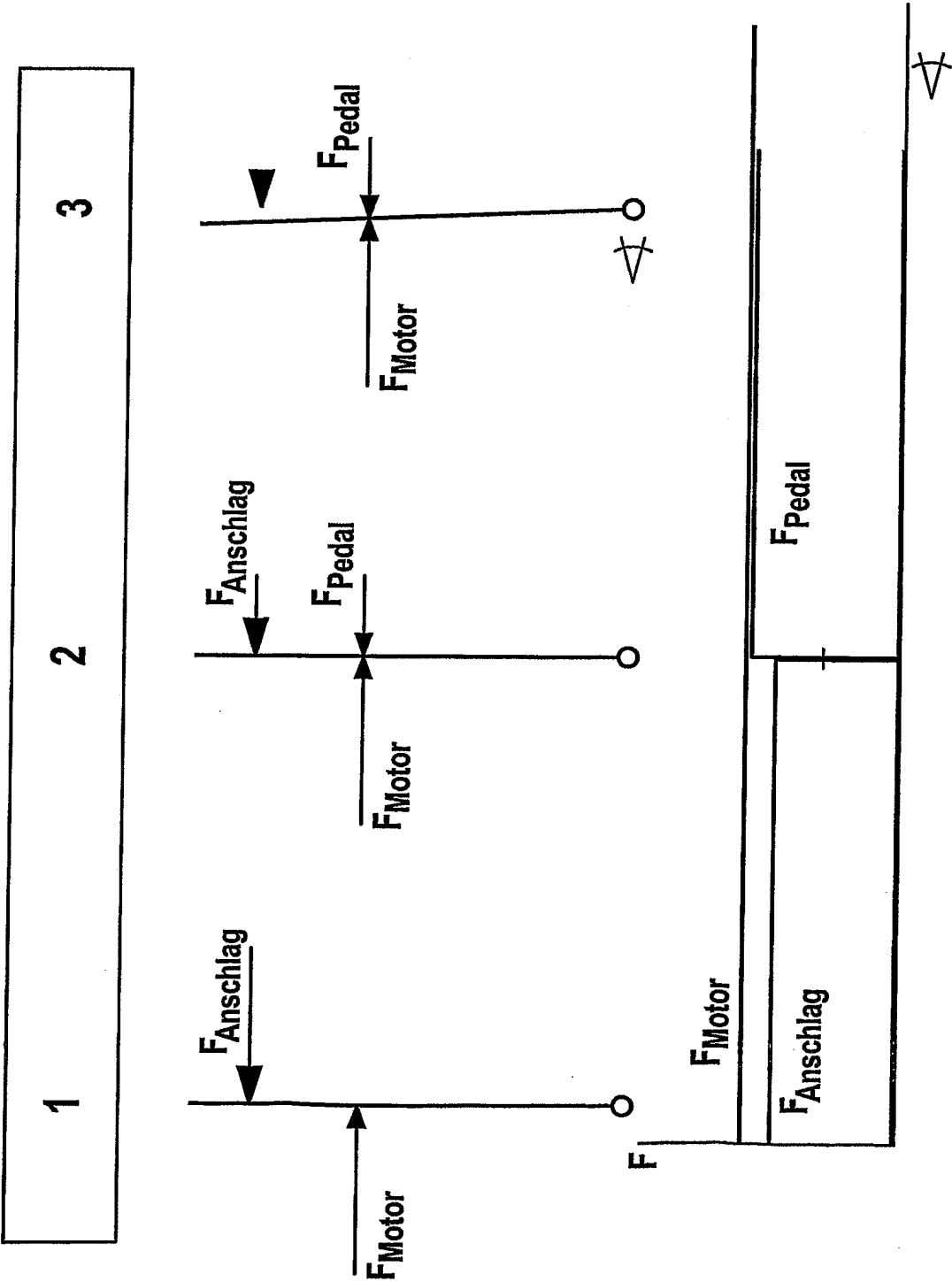
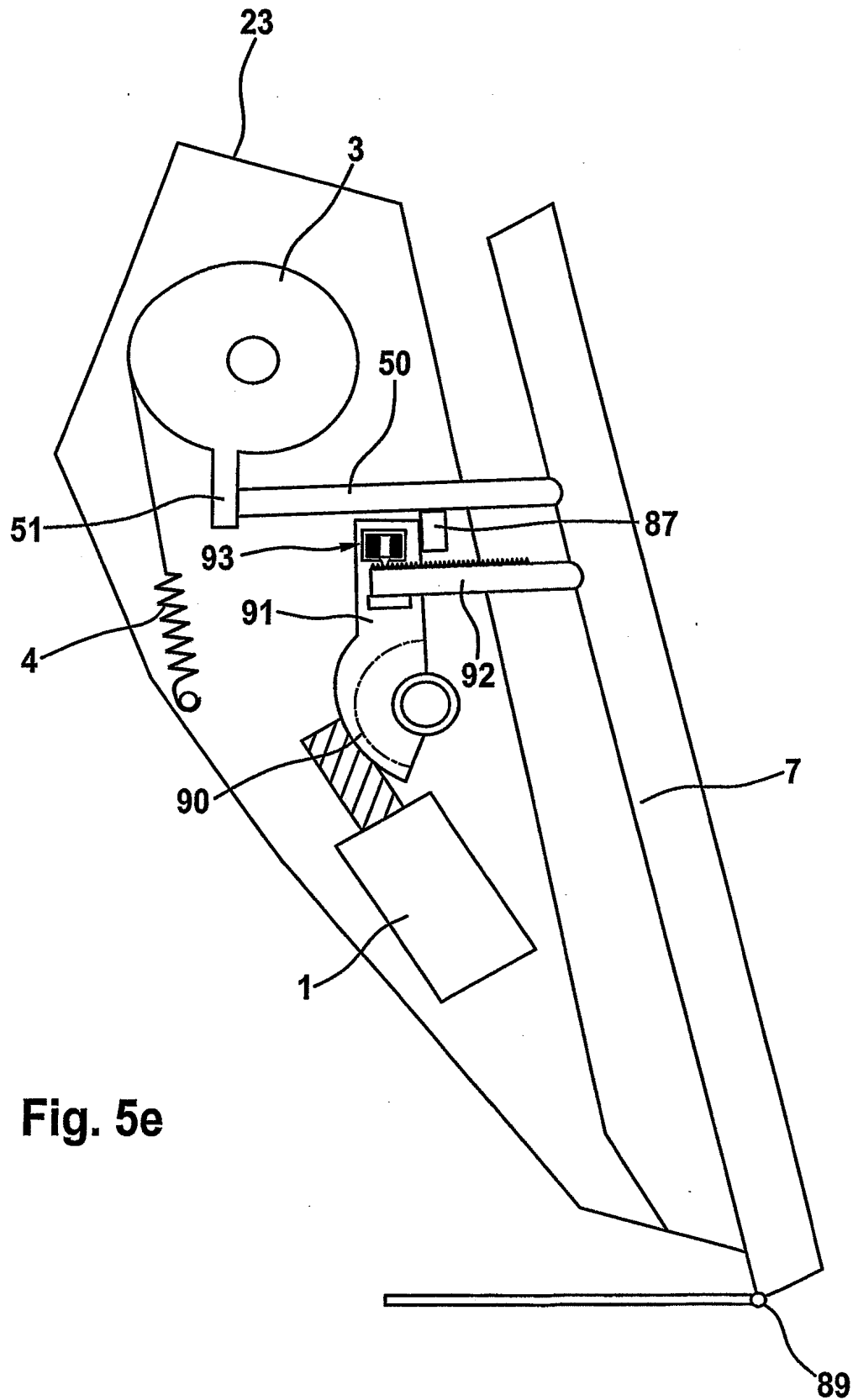


Fig. 5d

Fig. 5f



10/43



ERSATZBLATT (REGEL 26)

11/43

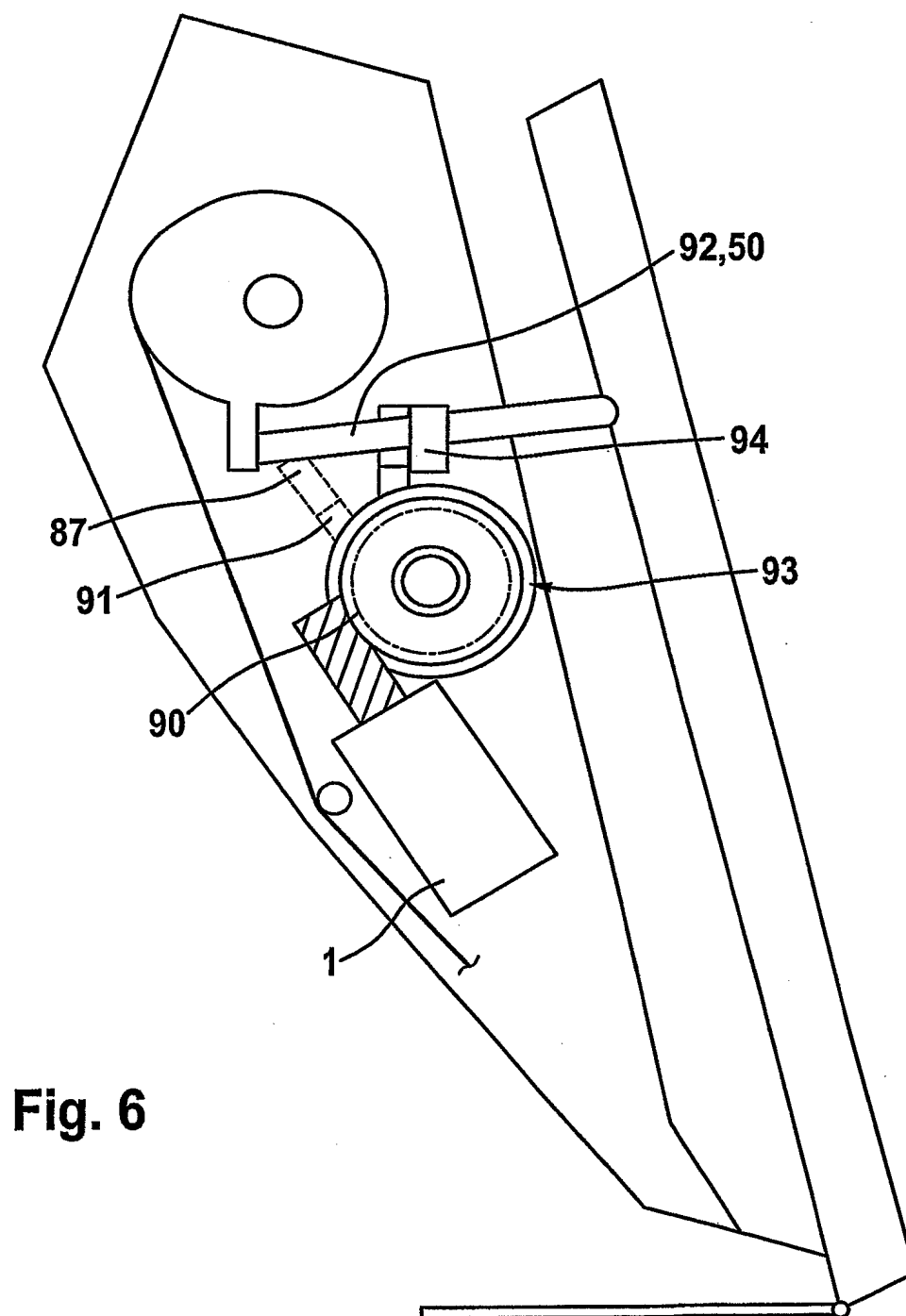
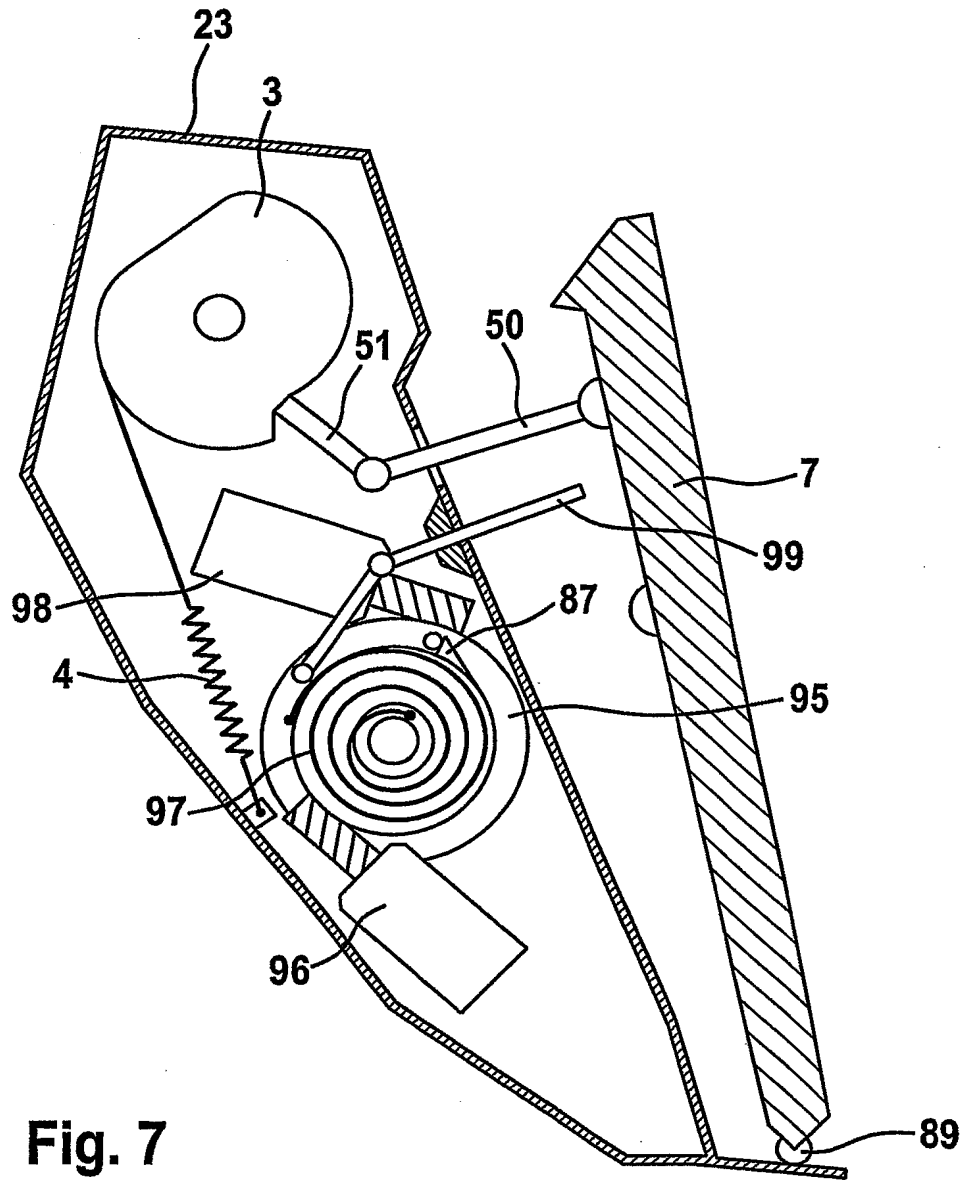


Fig. 6

12/43



13/43

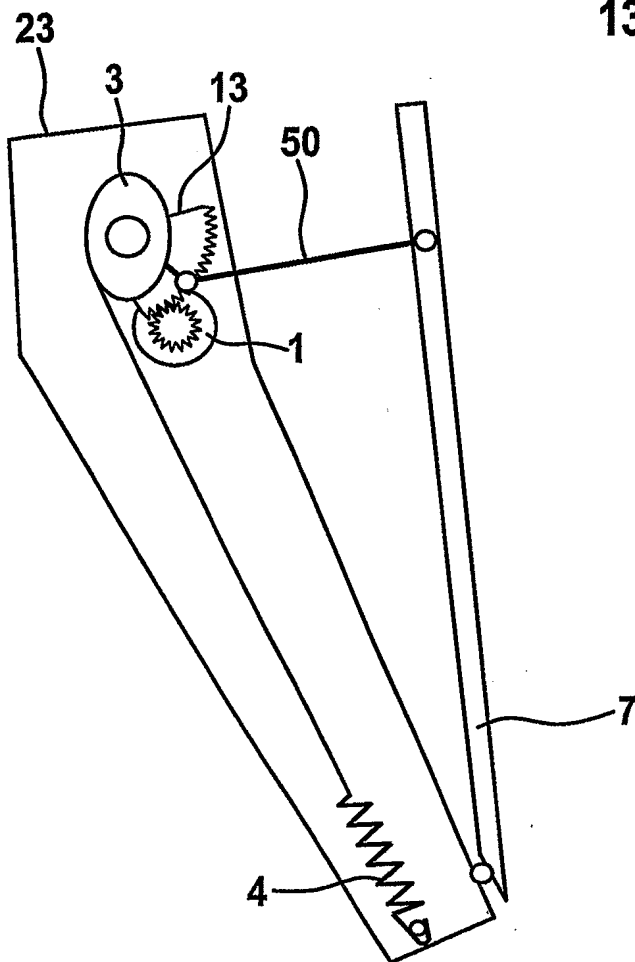


Fig. 8a

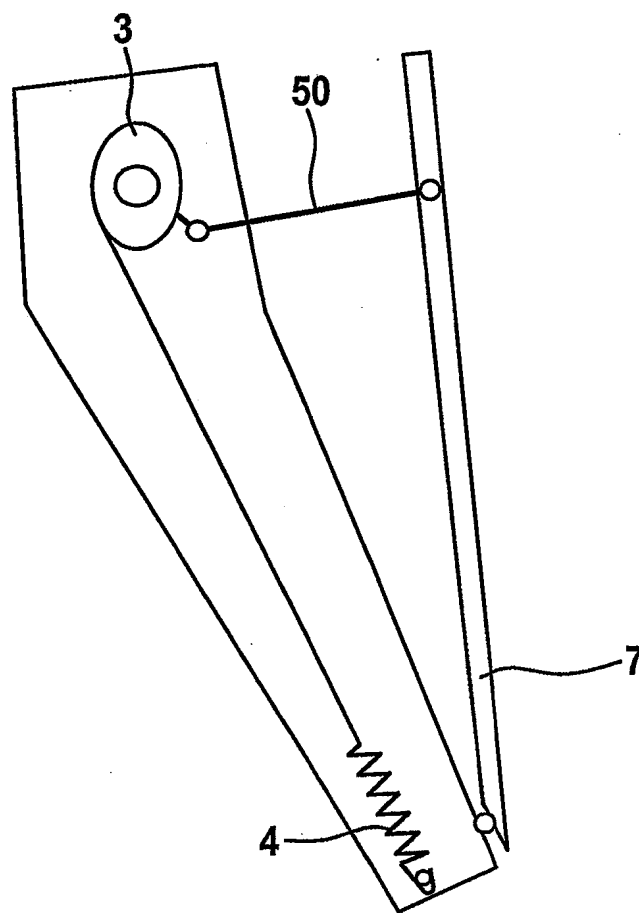


Fig. 8c

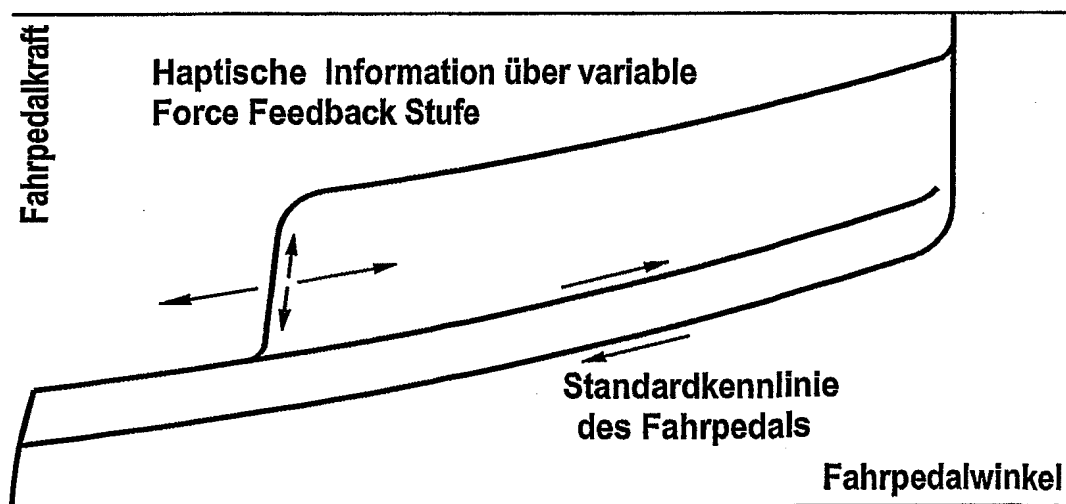


Fig. 8b

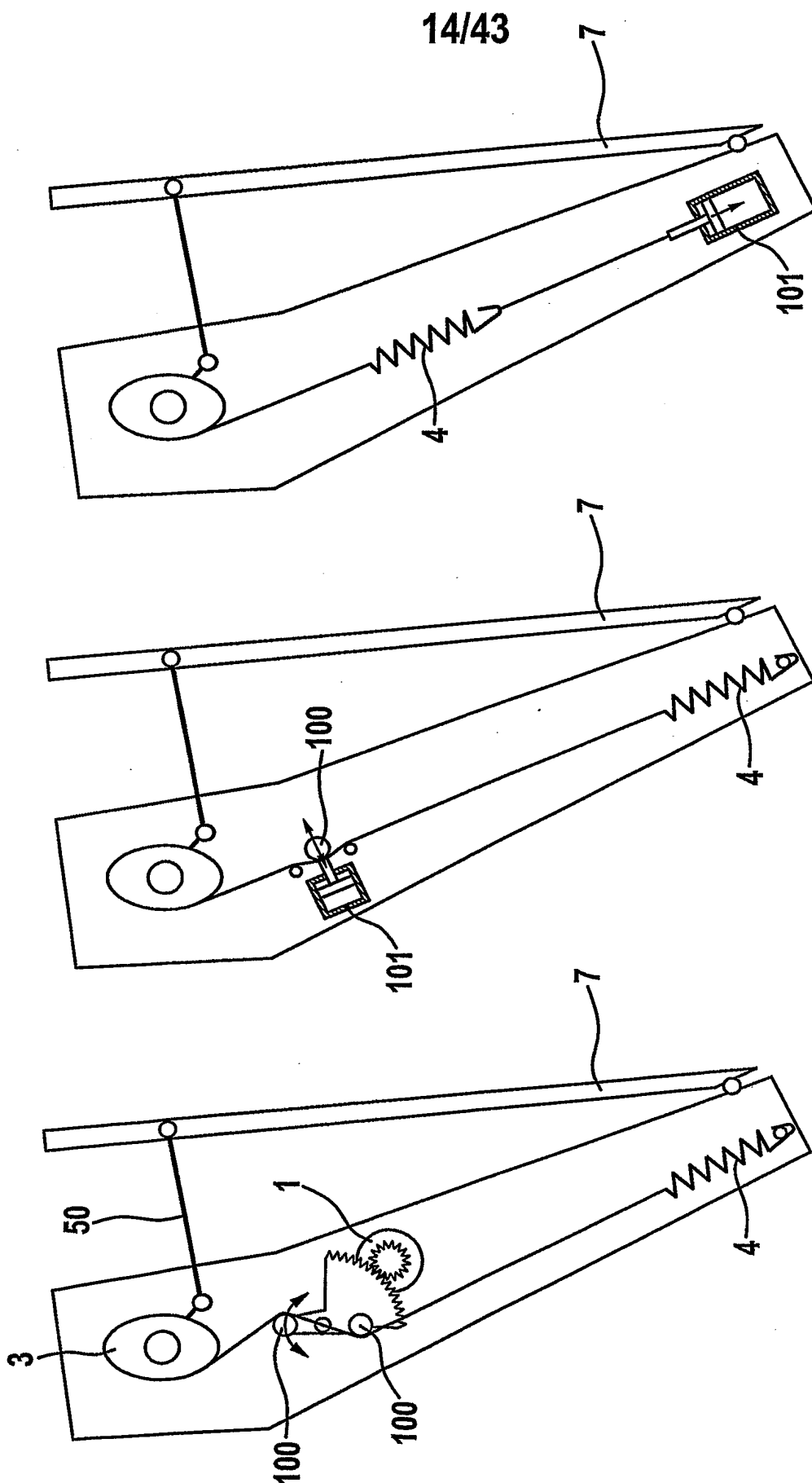
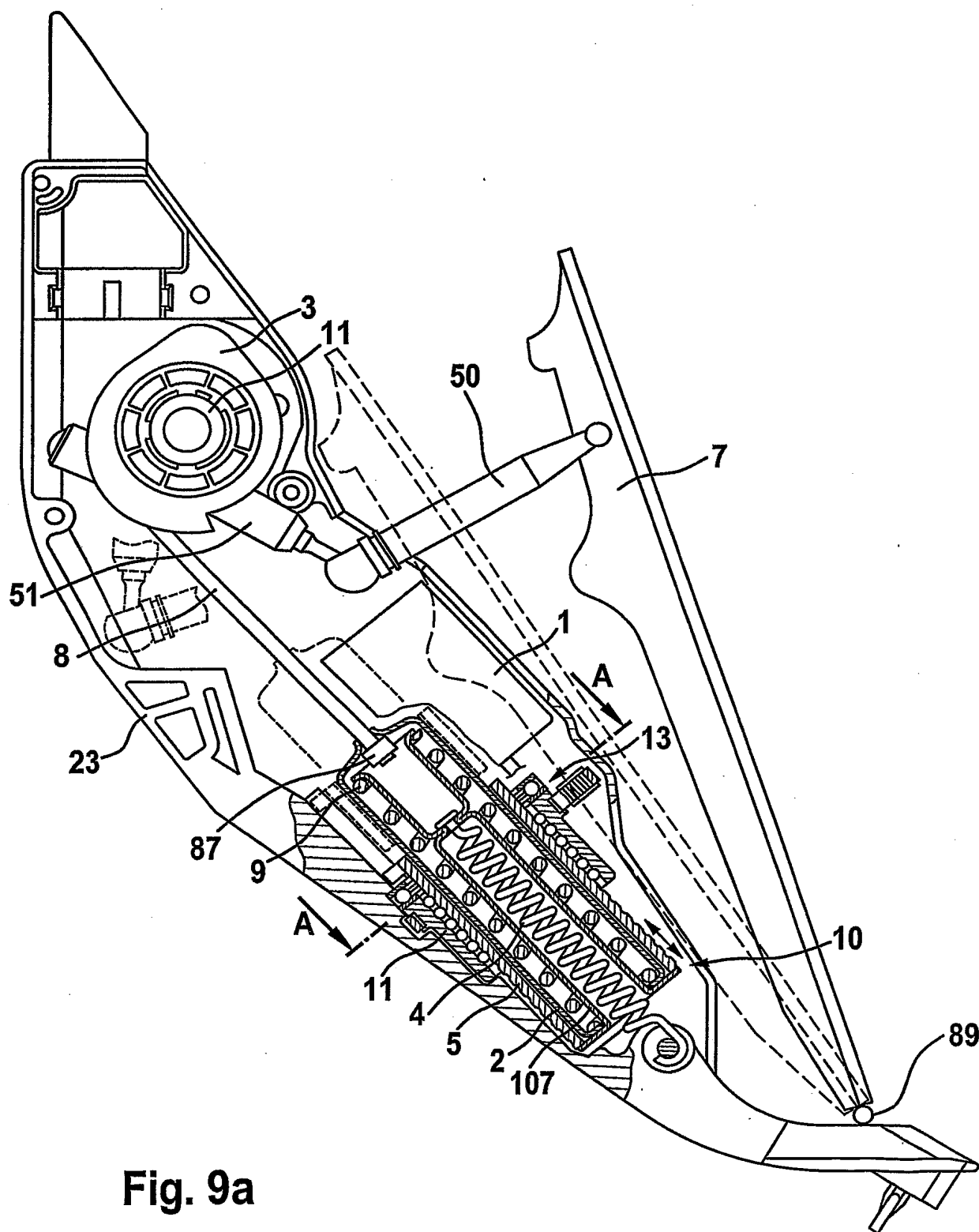


Fig. 8f

Fig. 8e

Fig. 8d

15/43



16/43

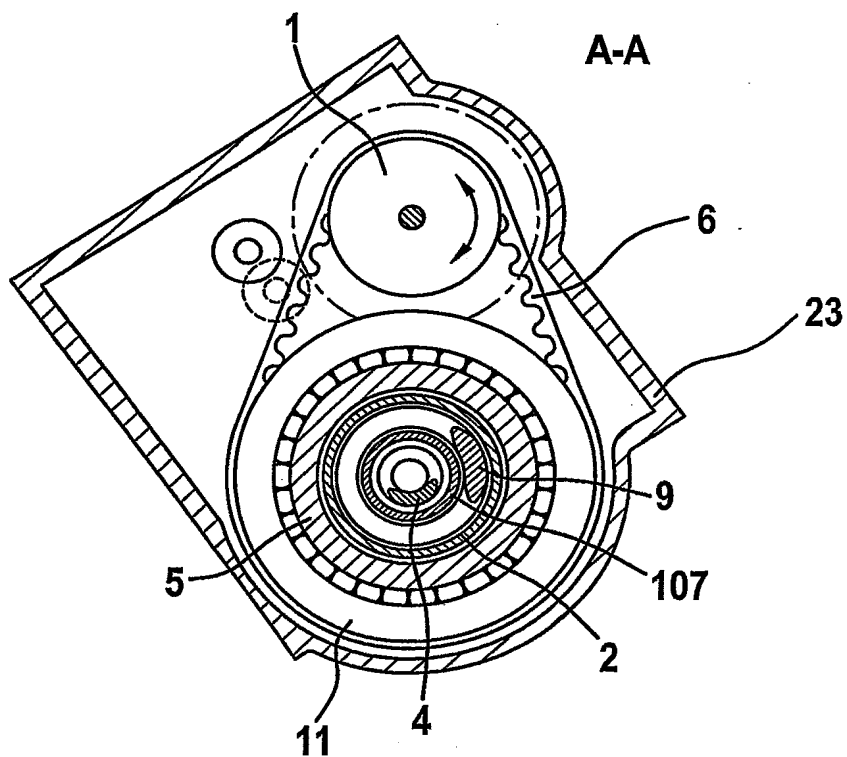


Fig. 9b

17/43

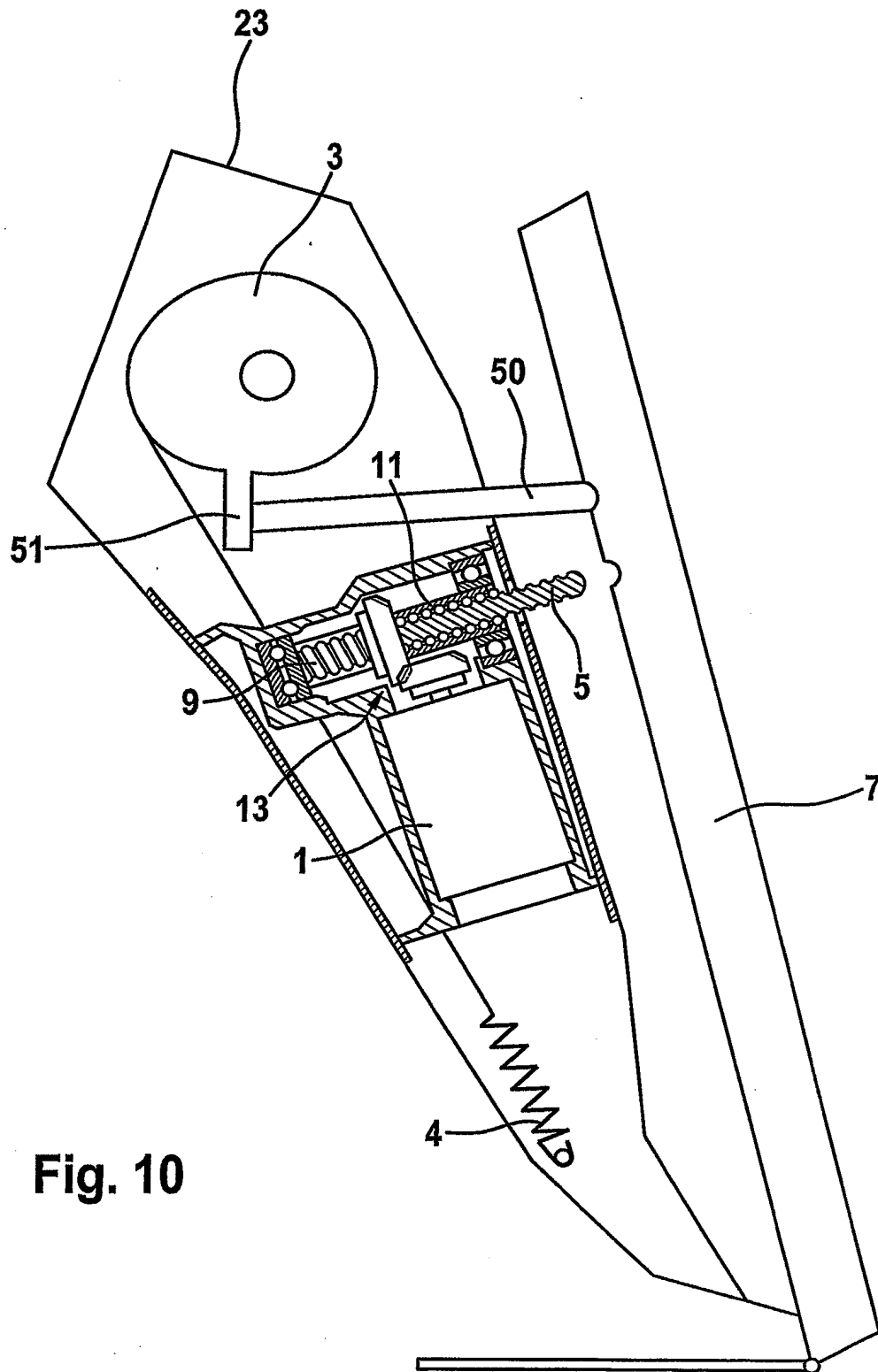


Fig. 10

18/43

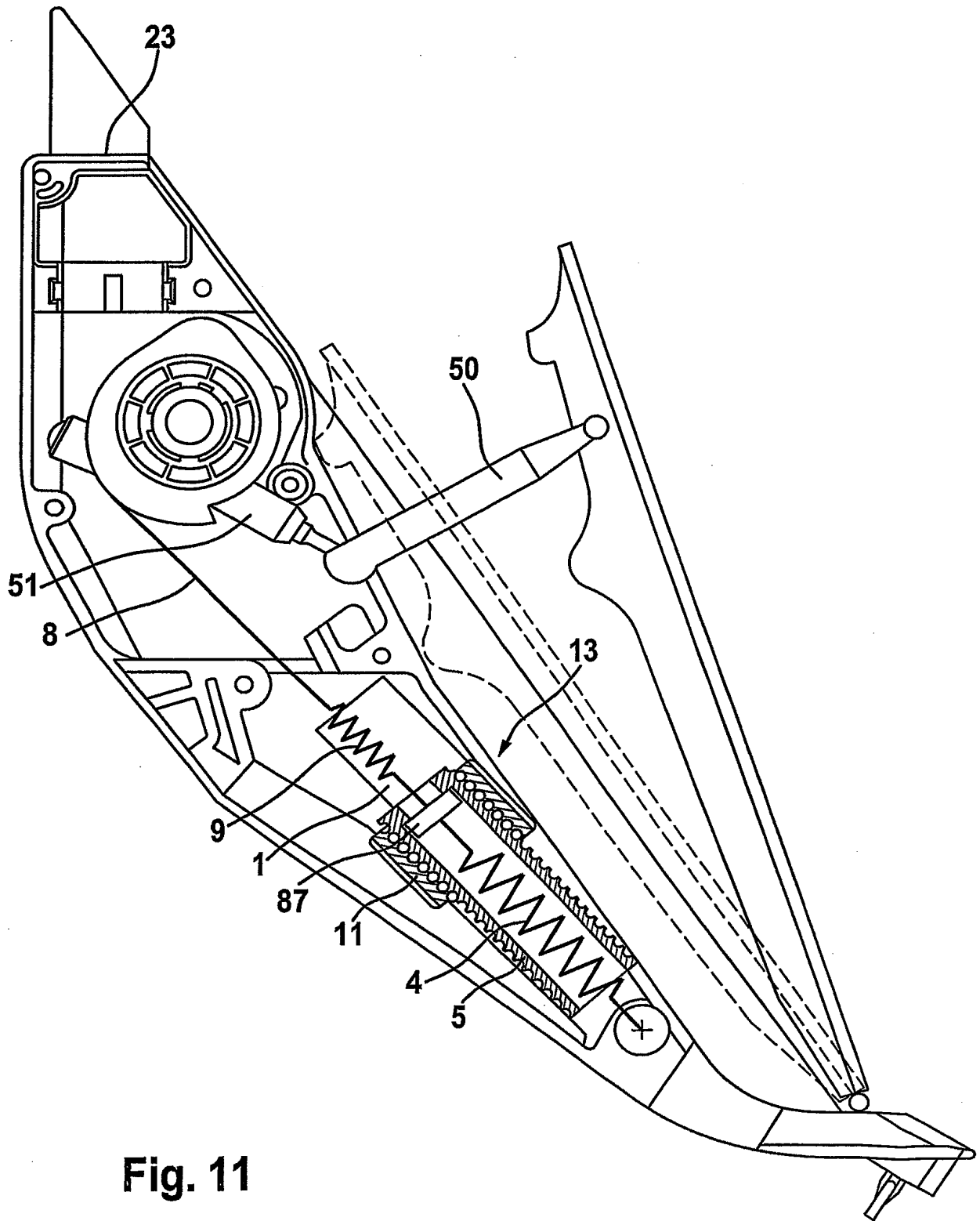
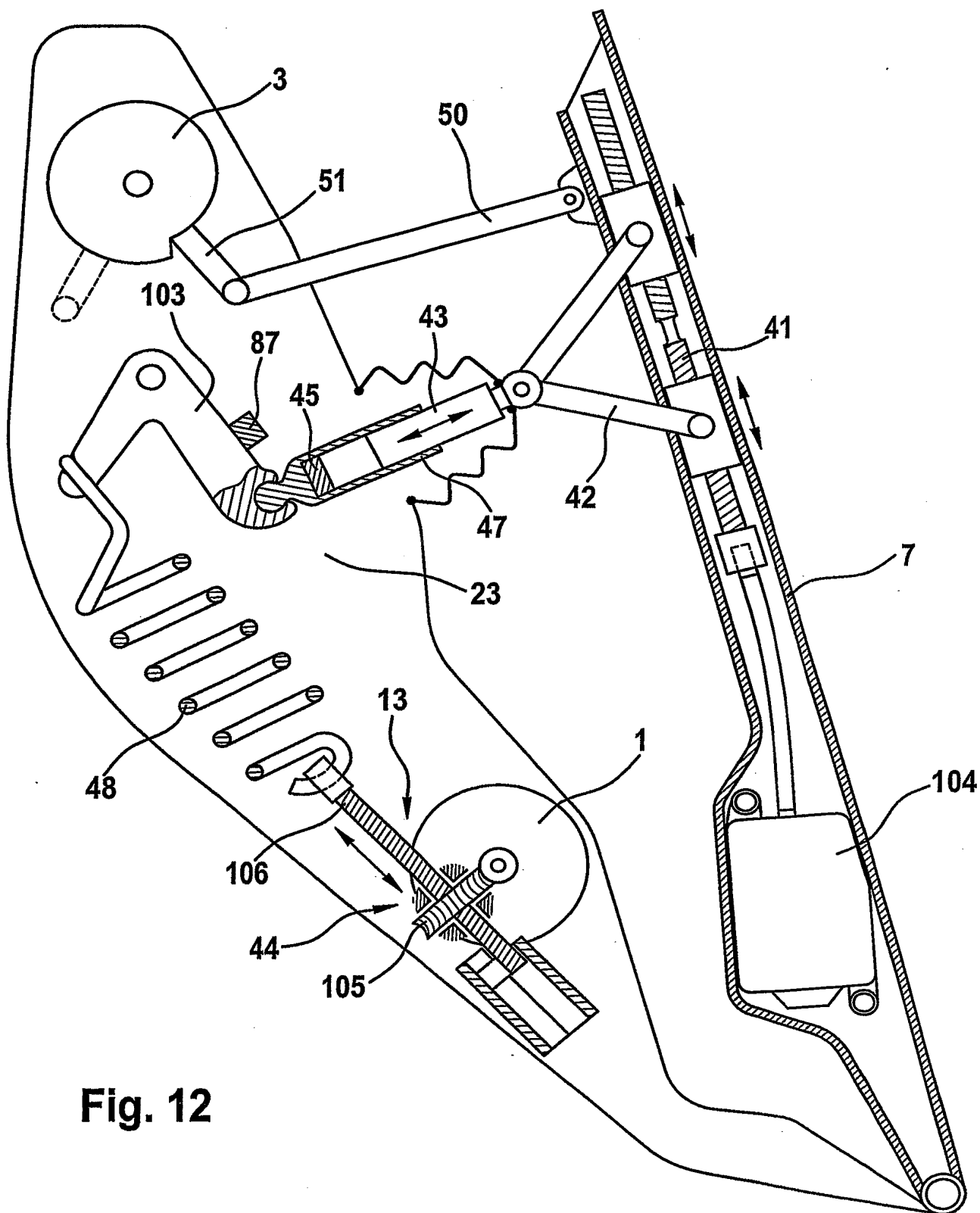


Fig. 11

ERSATZBLATT (REGEL 26)

19/43

**ERSATZBLATT (REGEL 26)**

20/43

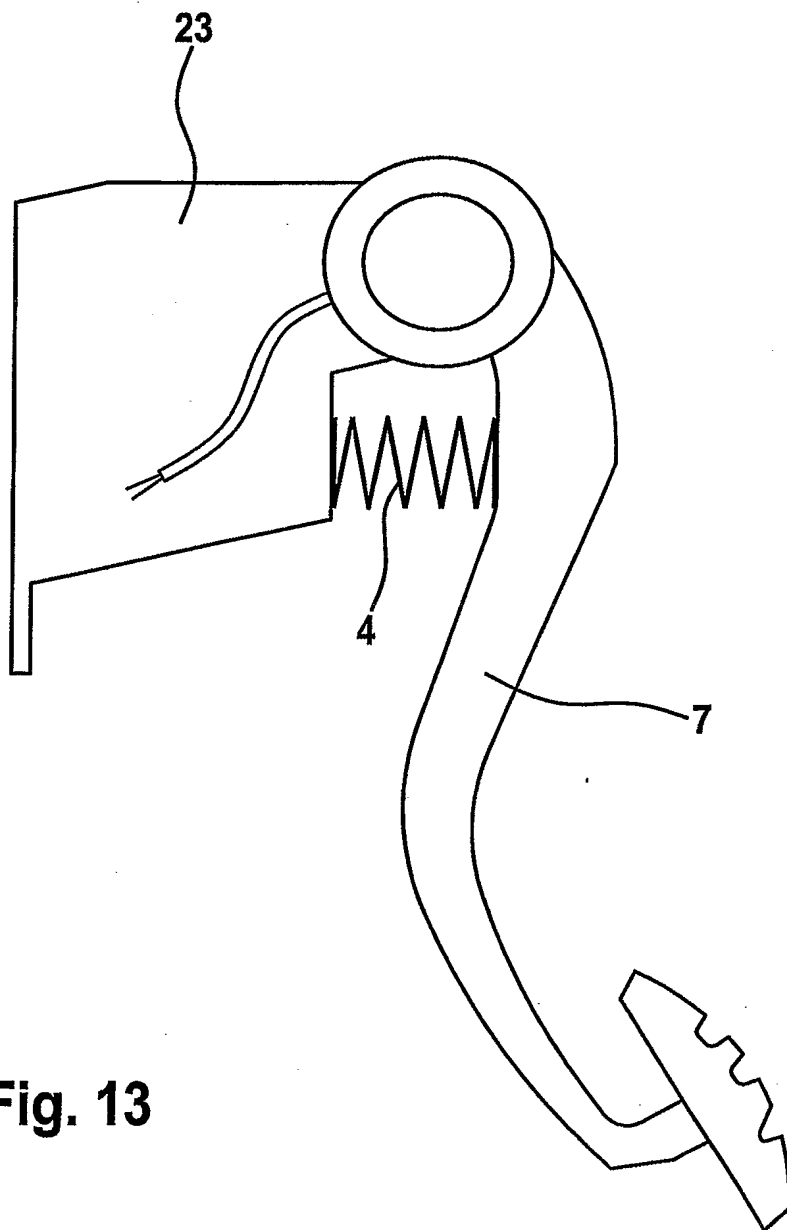


Fig. 13

21/43

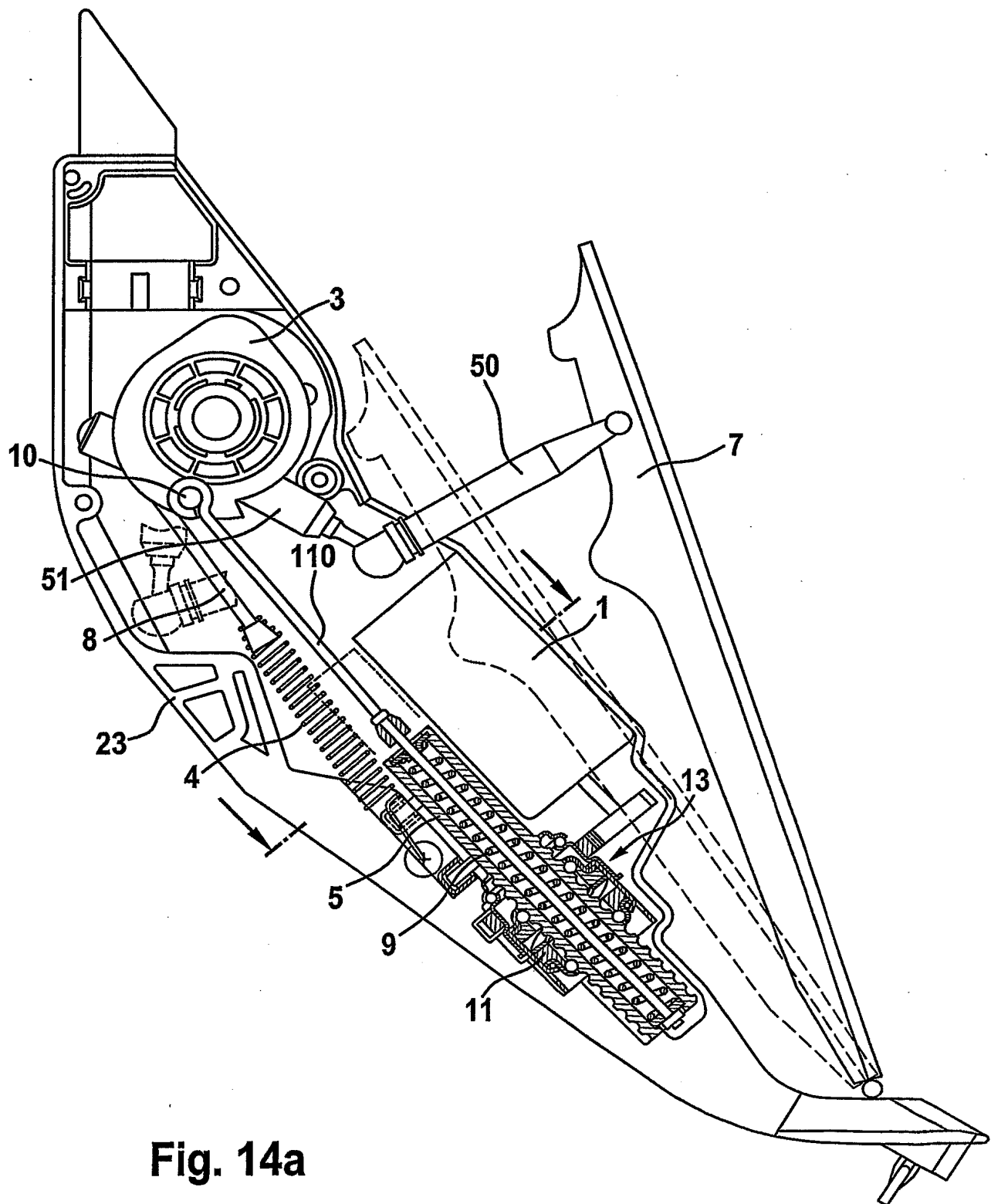


Fig. 14a

ERSATZBLATT (REGEL 26)

22/43

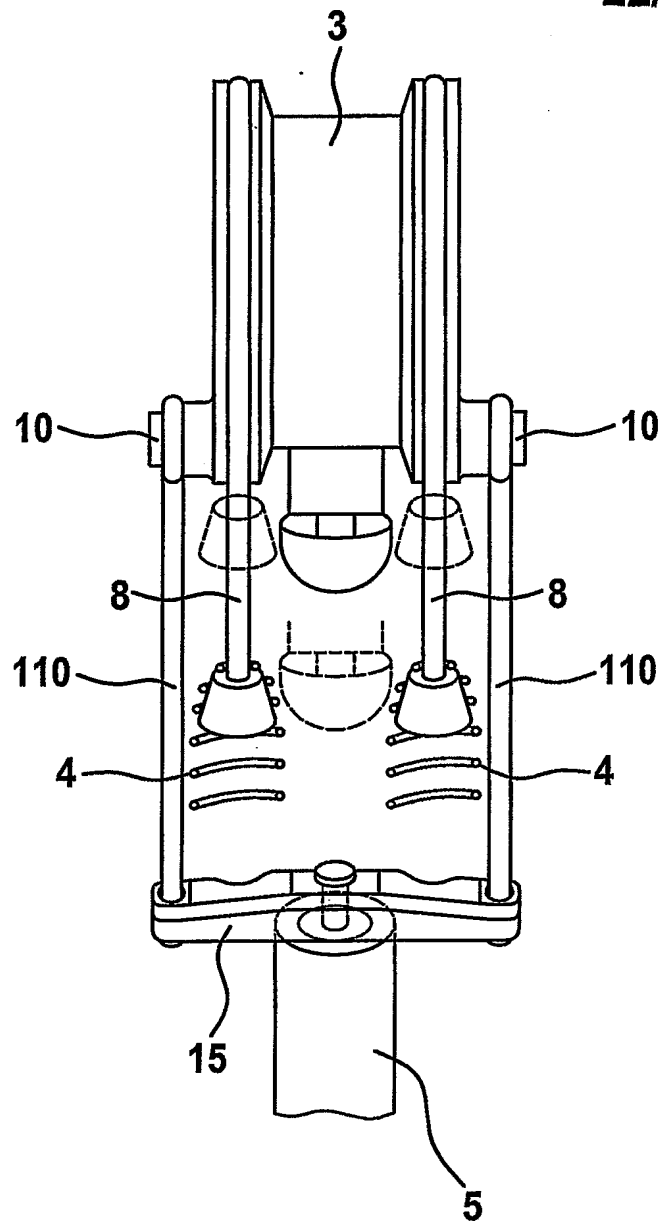


Fig. 14b

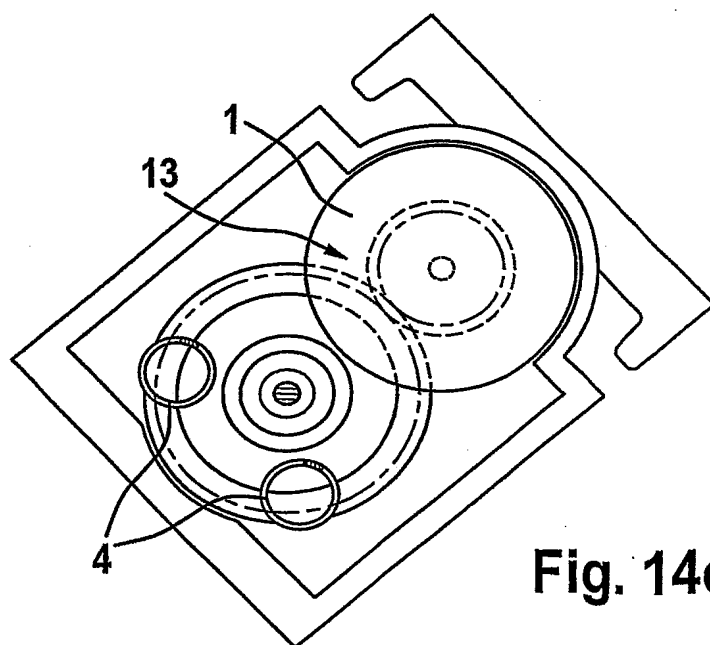
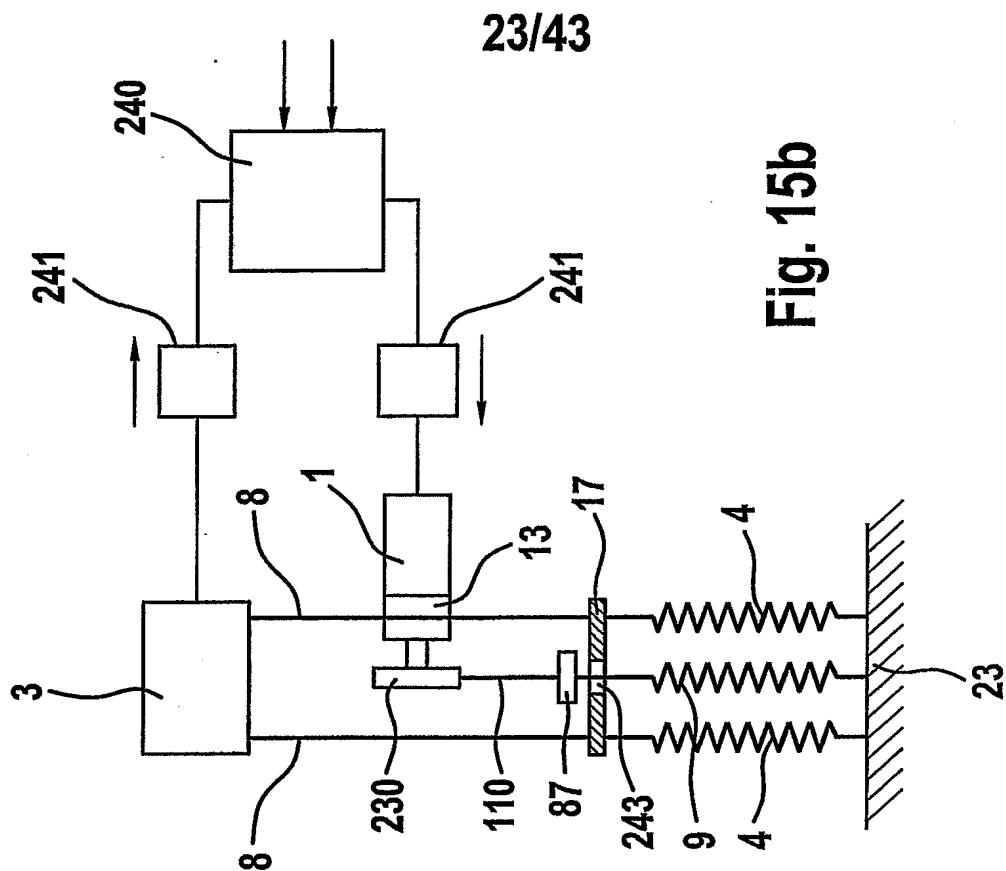
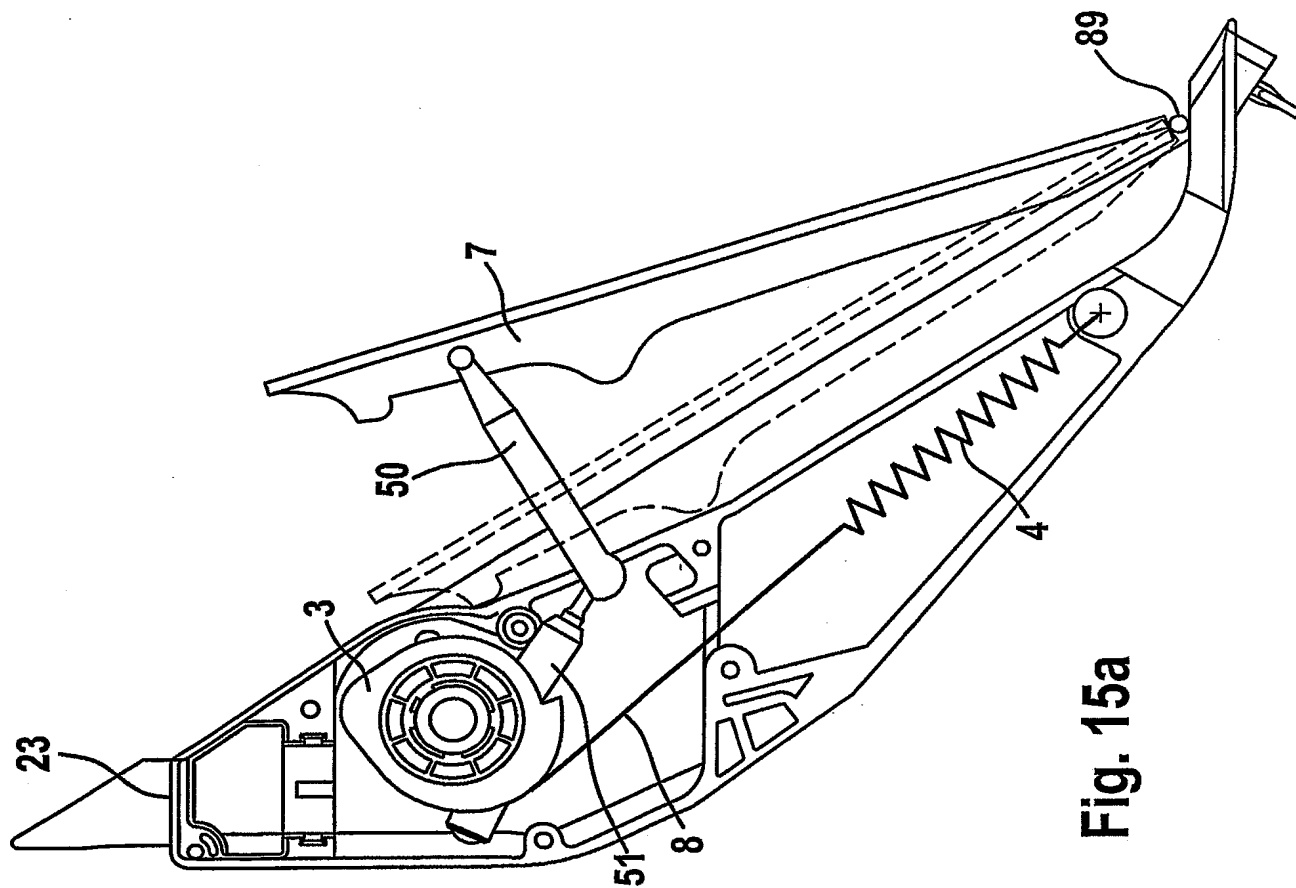


Fig. 14c



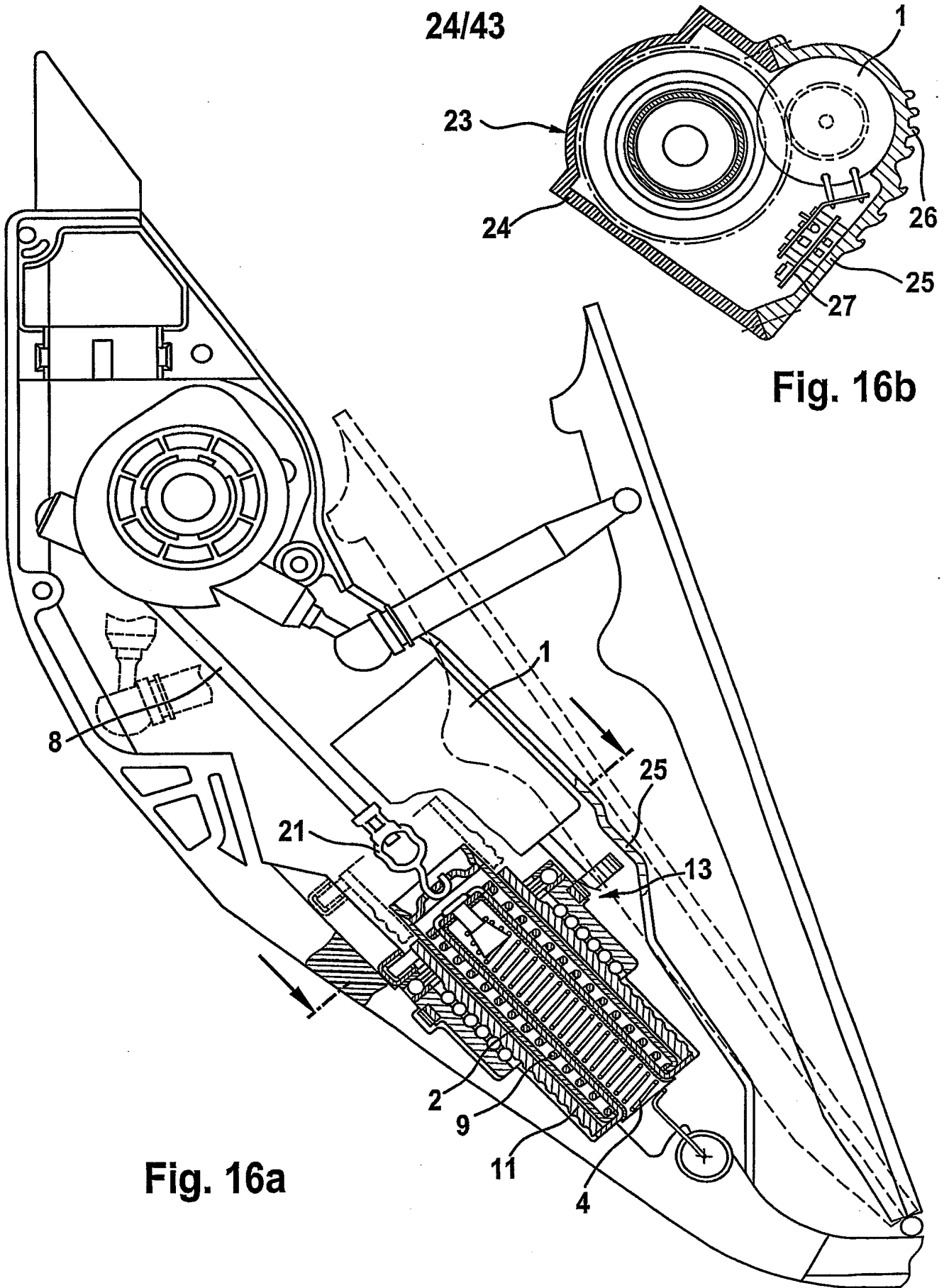
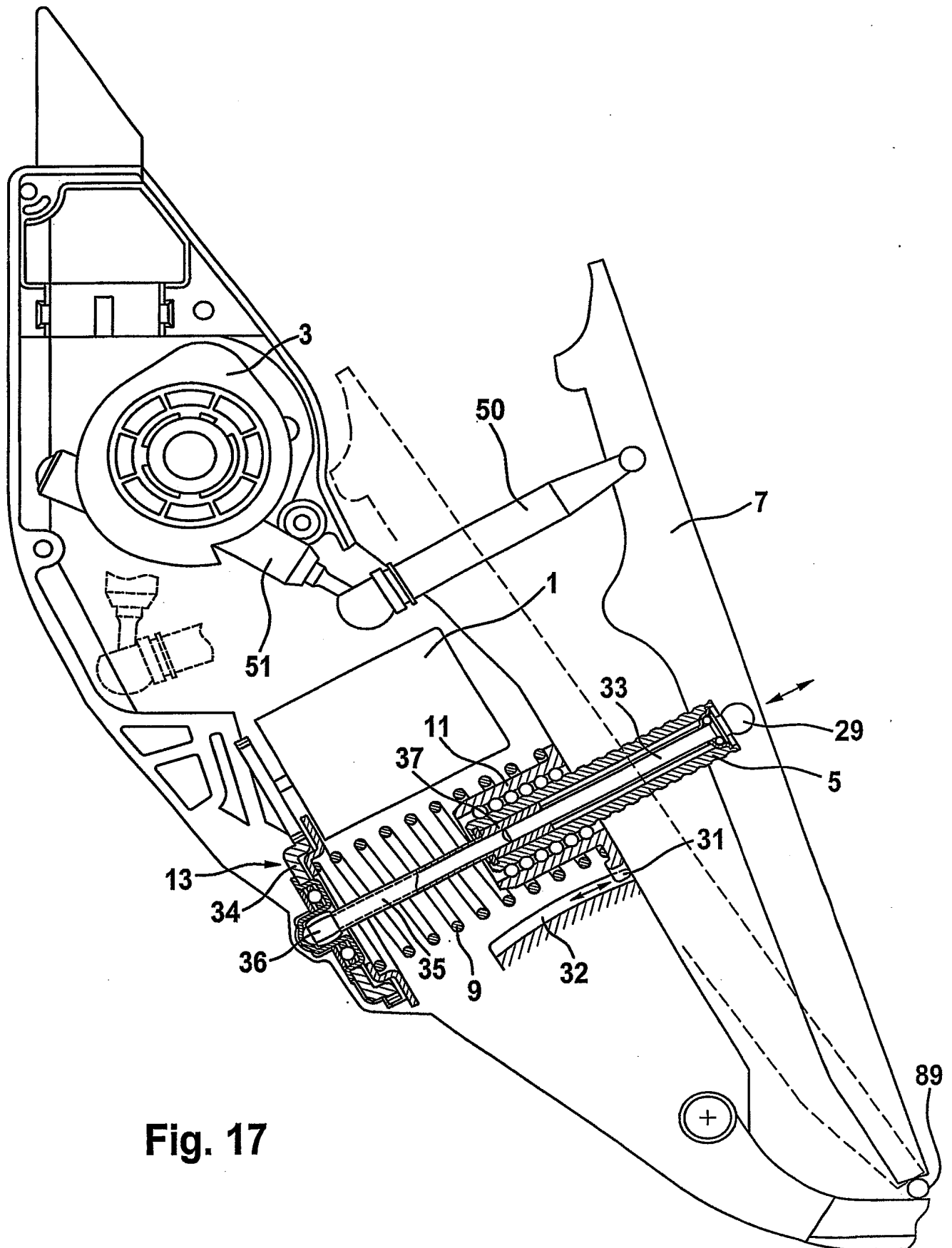


Fig. 16a

Fig. 16b

25/43

**ERSATZBLATT (REGEL 26)**

26/43

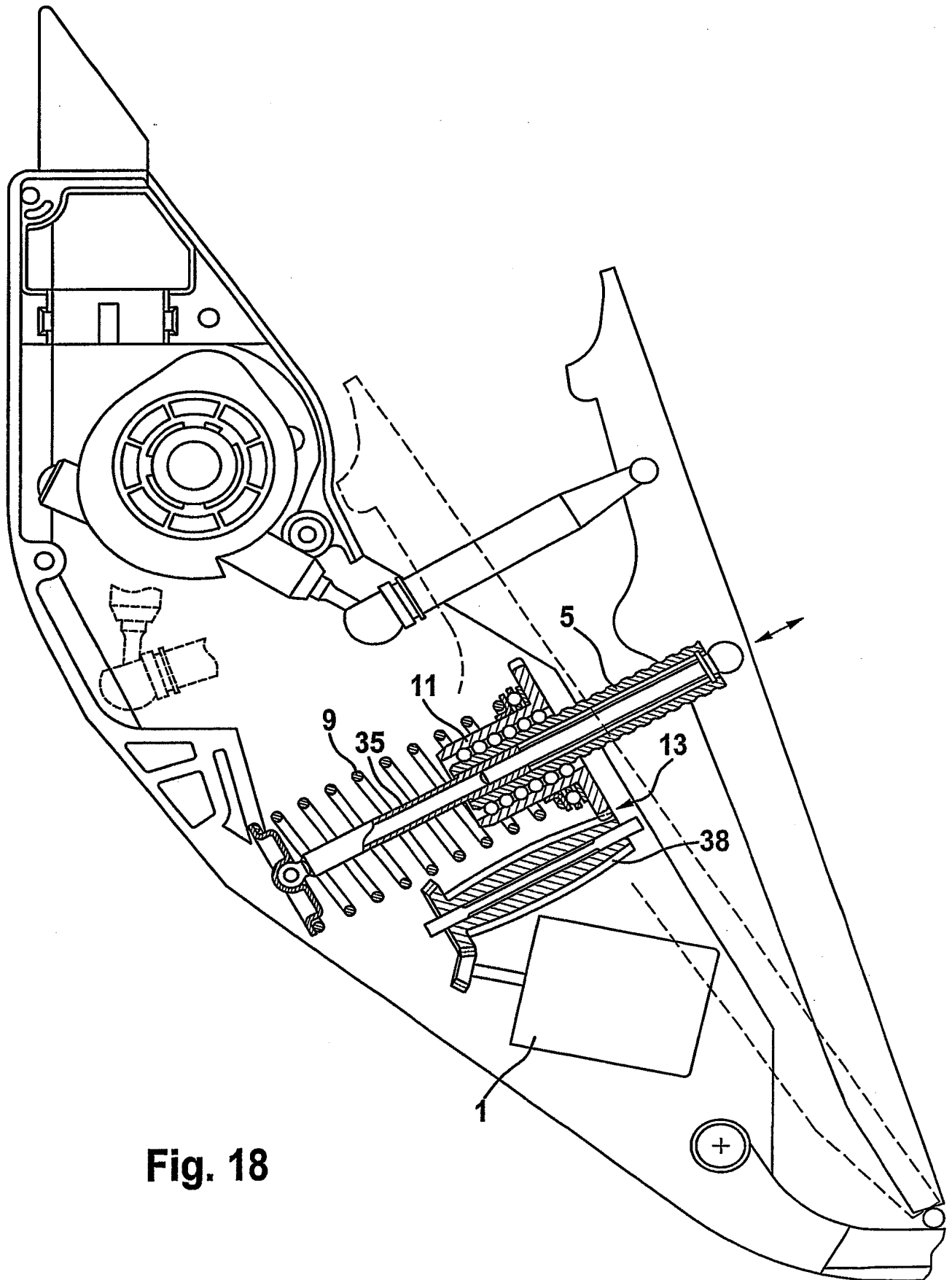
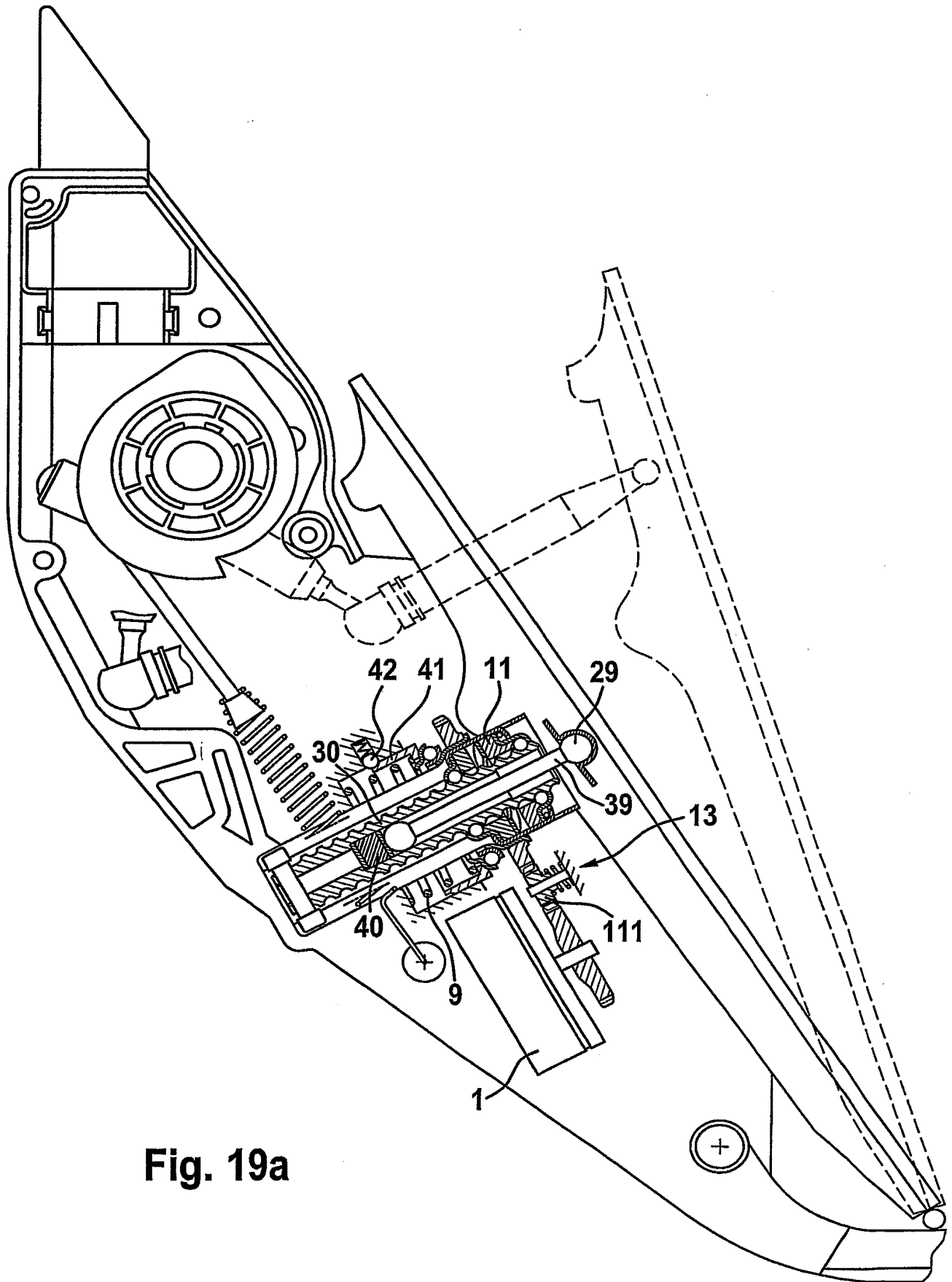


Fig. 18

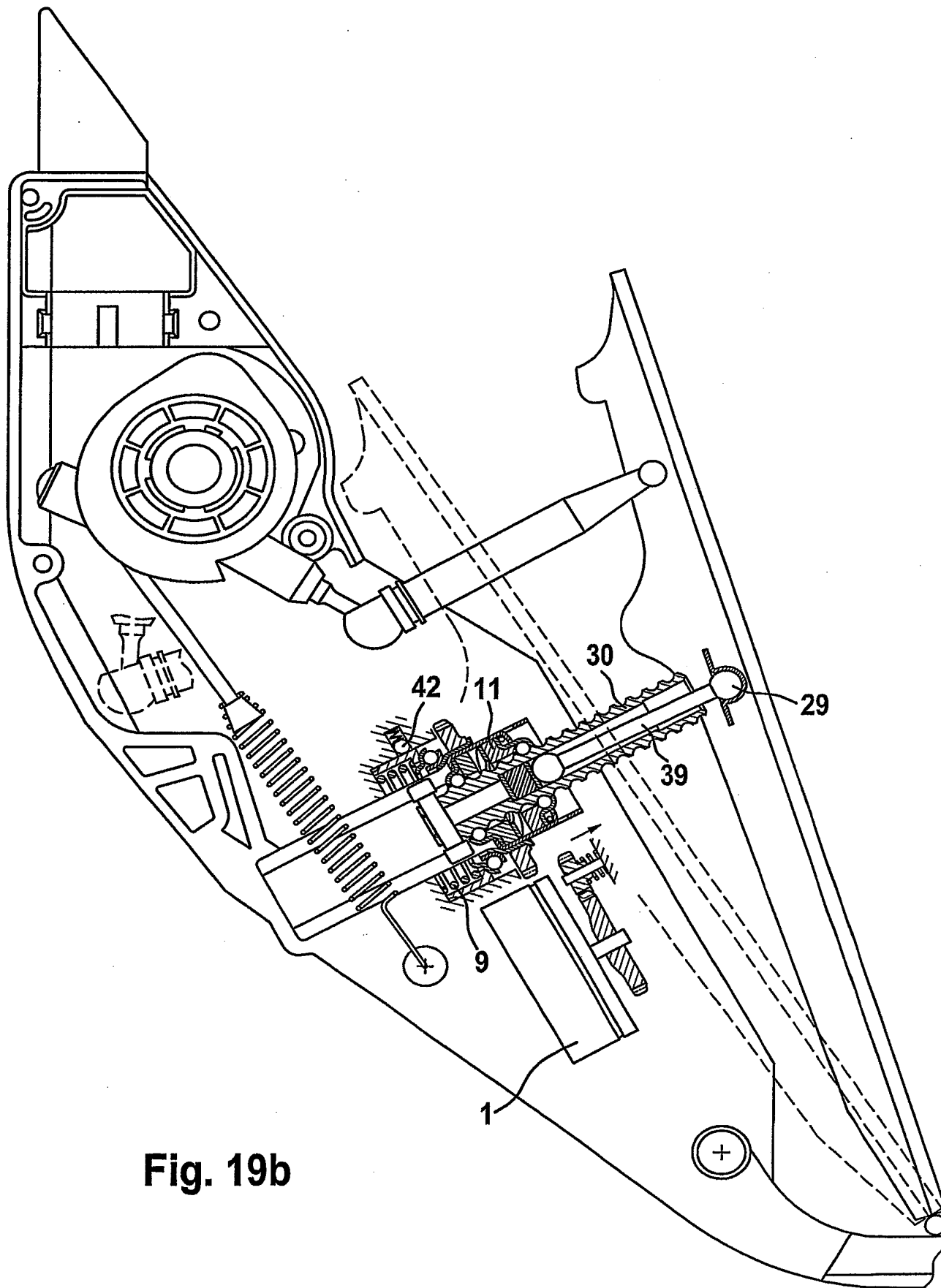
ERSATZBLATT (REGEL 26)

27/43



ERSATZBLATT (REGEL 26)

28/43



ERSATZBLATT (REGEL 26)

29/43

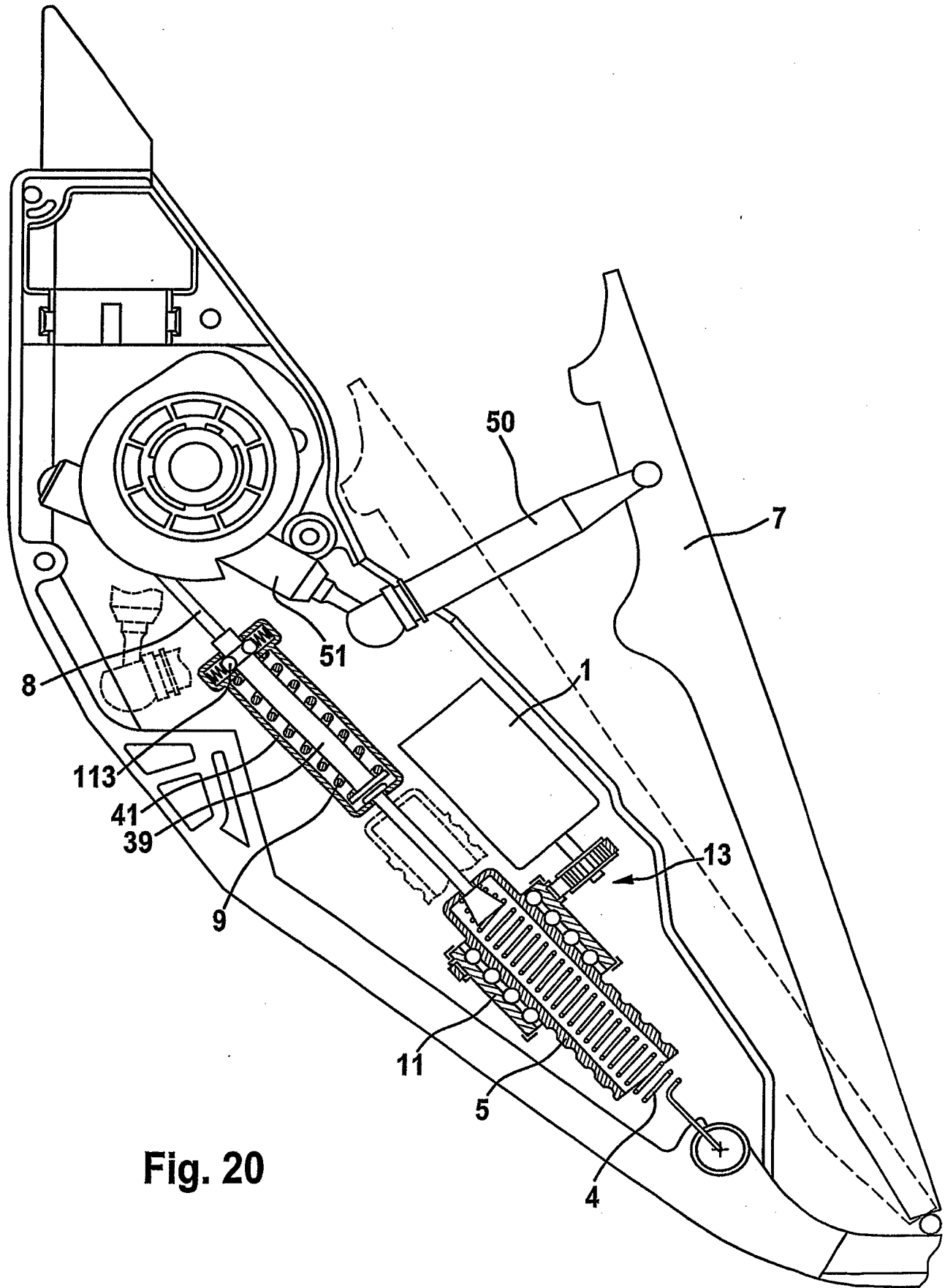
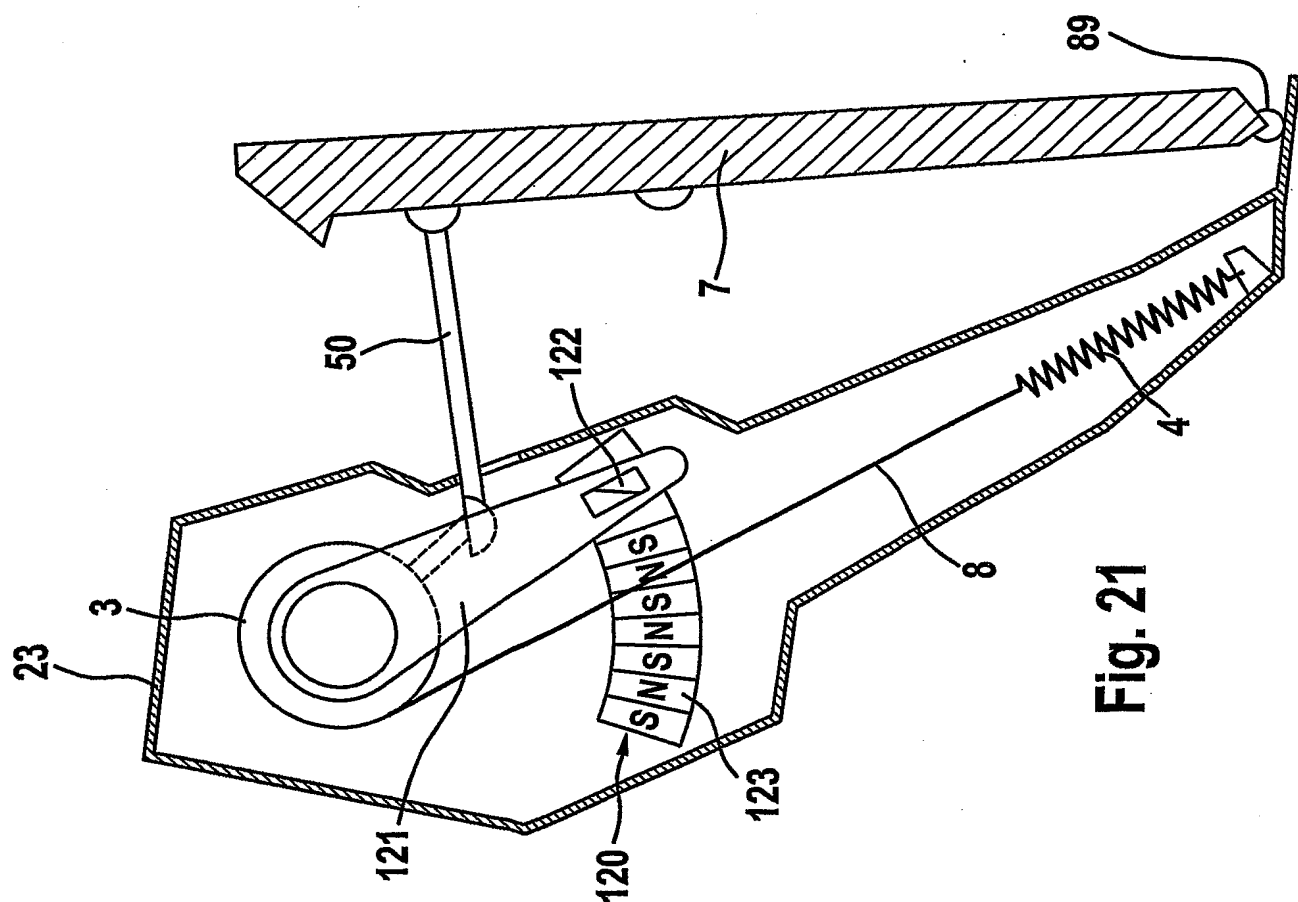
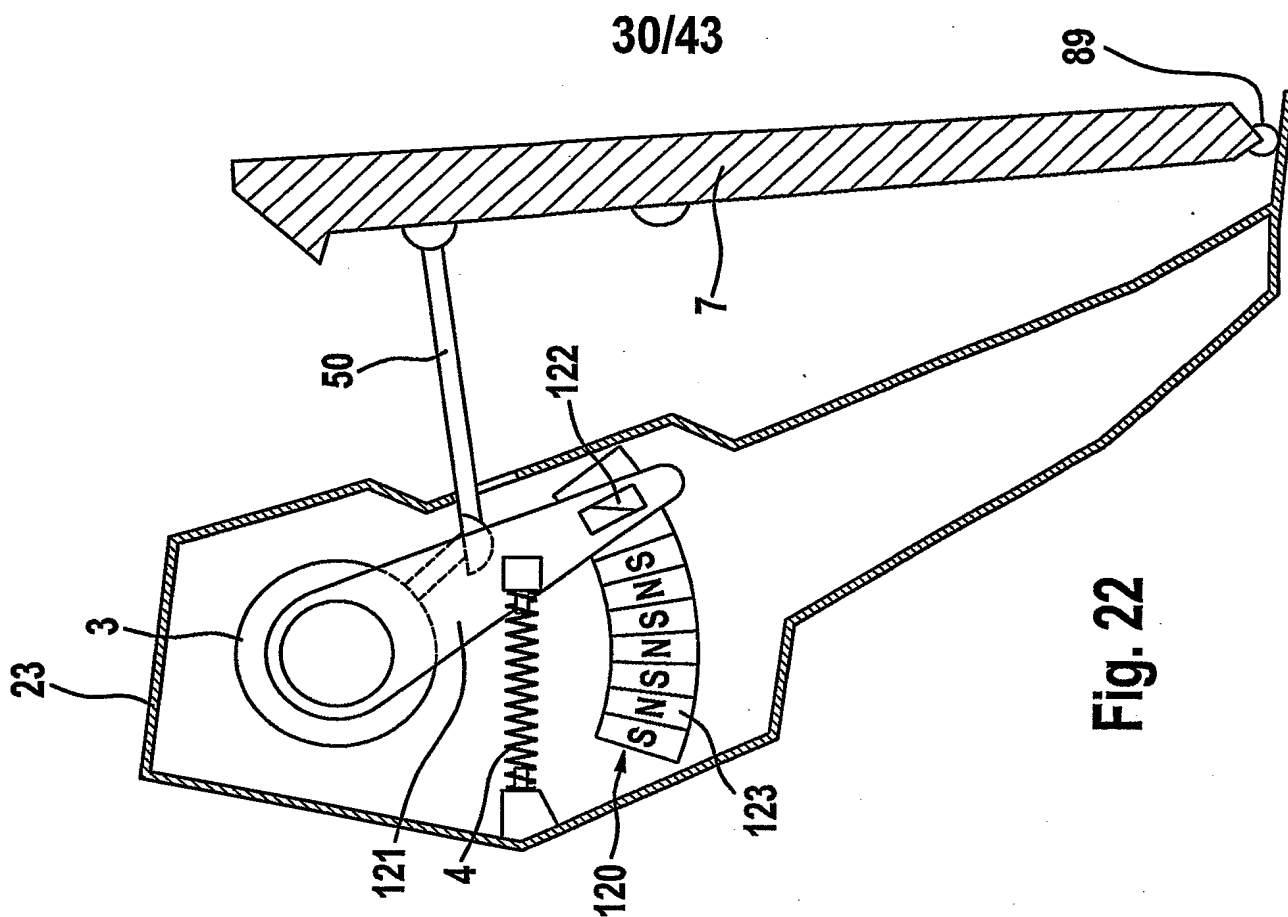
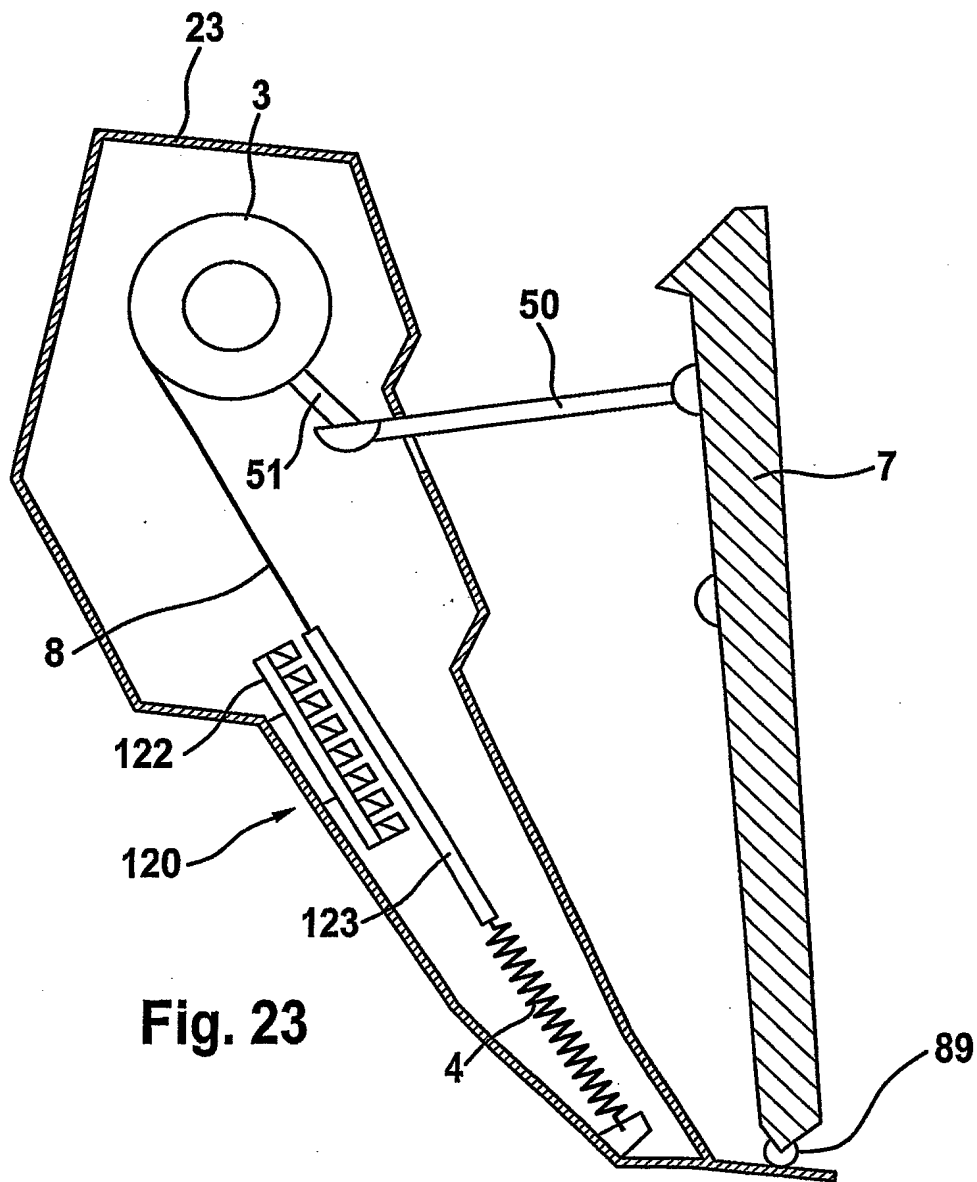


Fig. 20

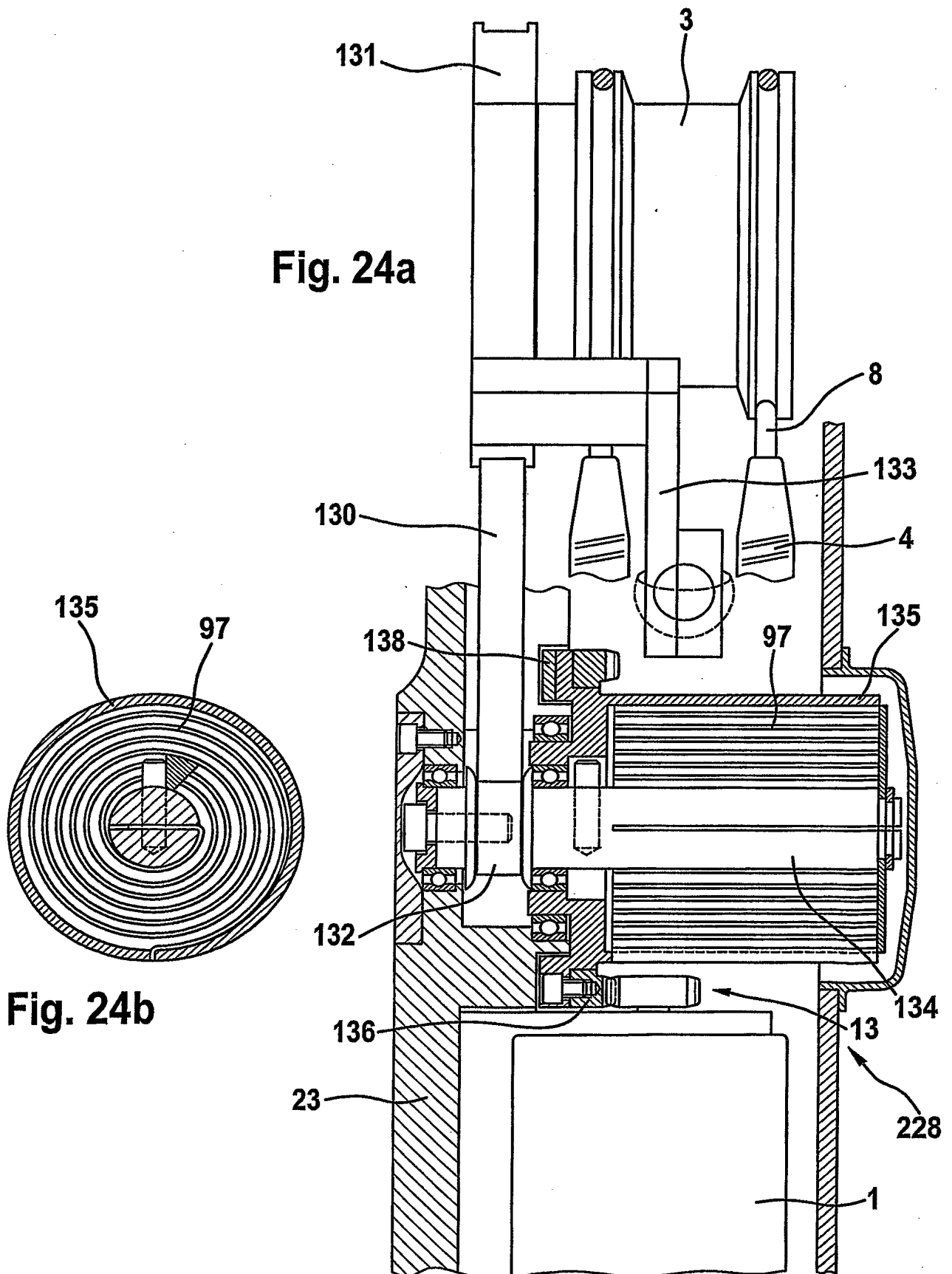


ERSATZBLATT (REGEL 26)

31/43



32/43

**ERSATZBLATT (REGEL 26)**

33/43

Fig. 24c

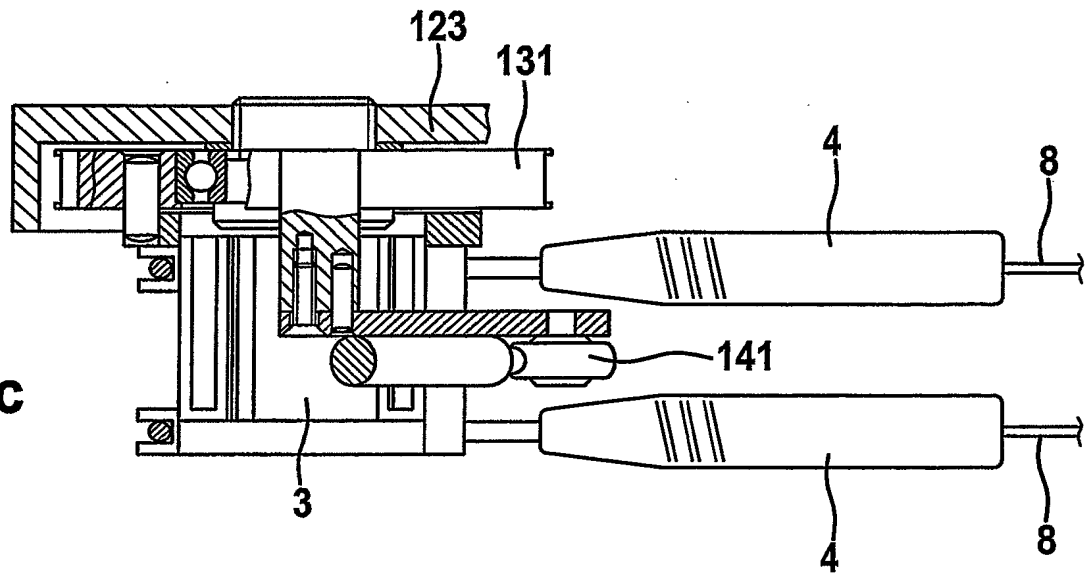
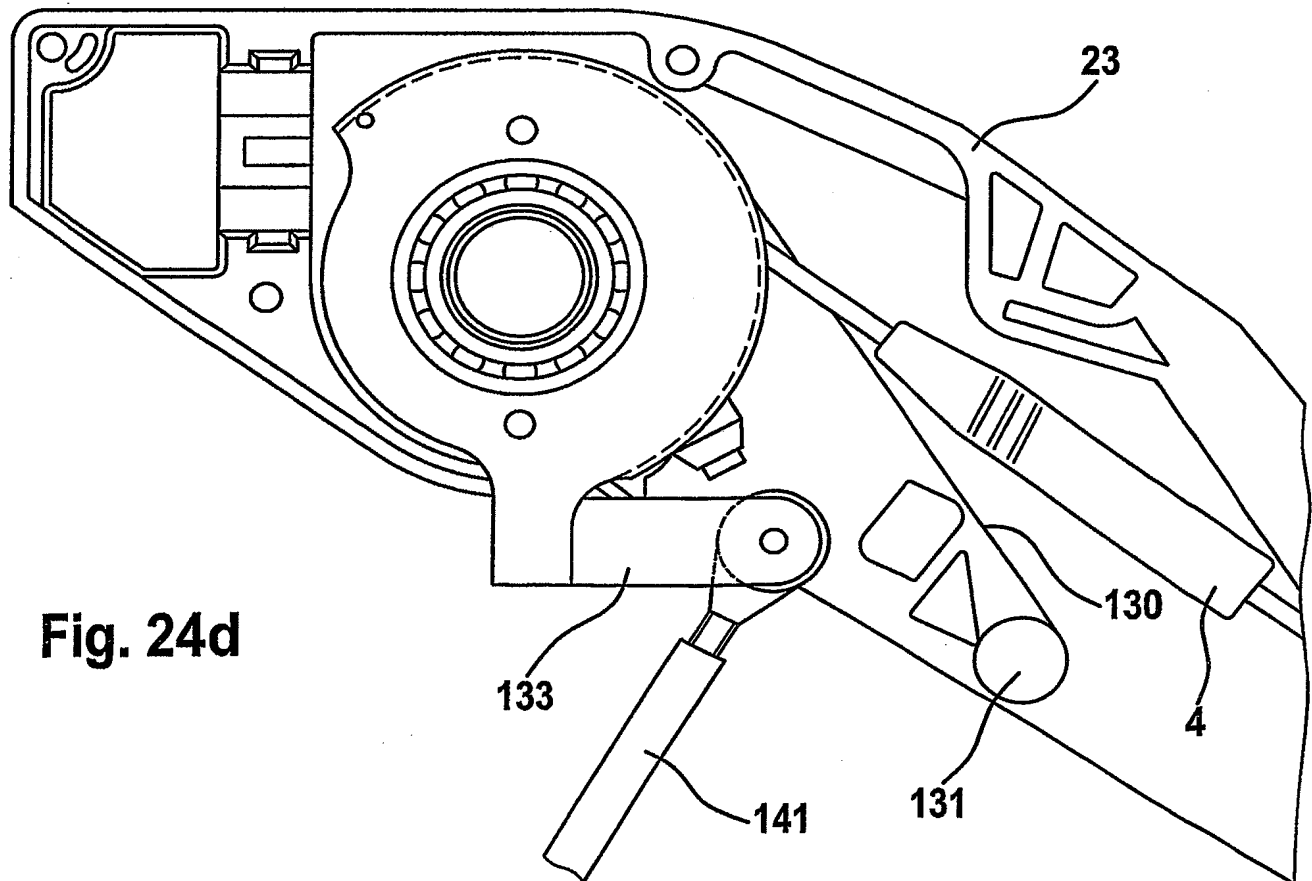


Fig. 24d



34/43

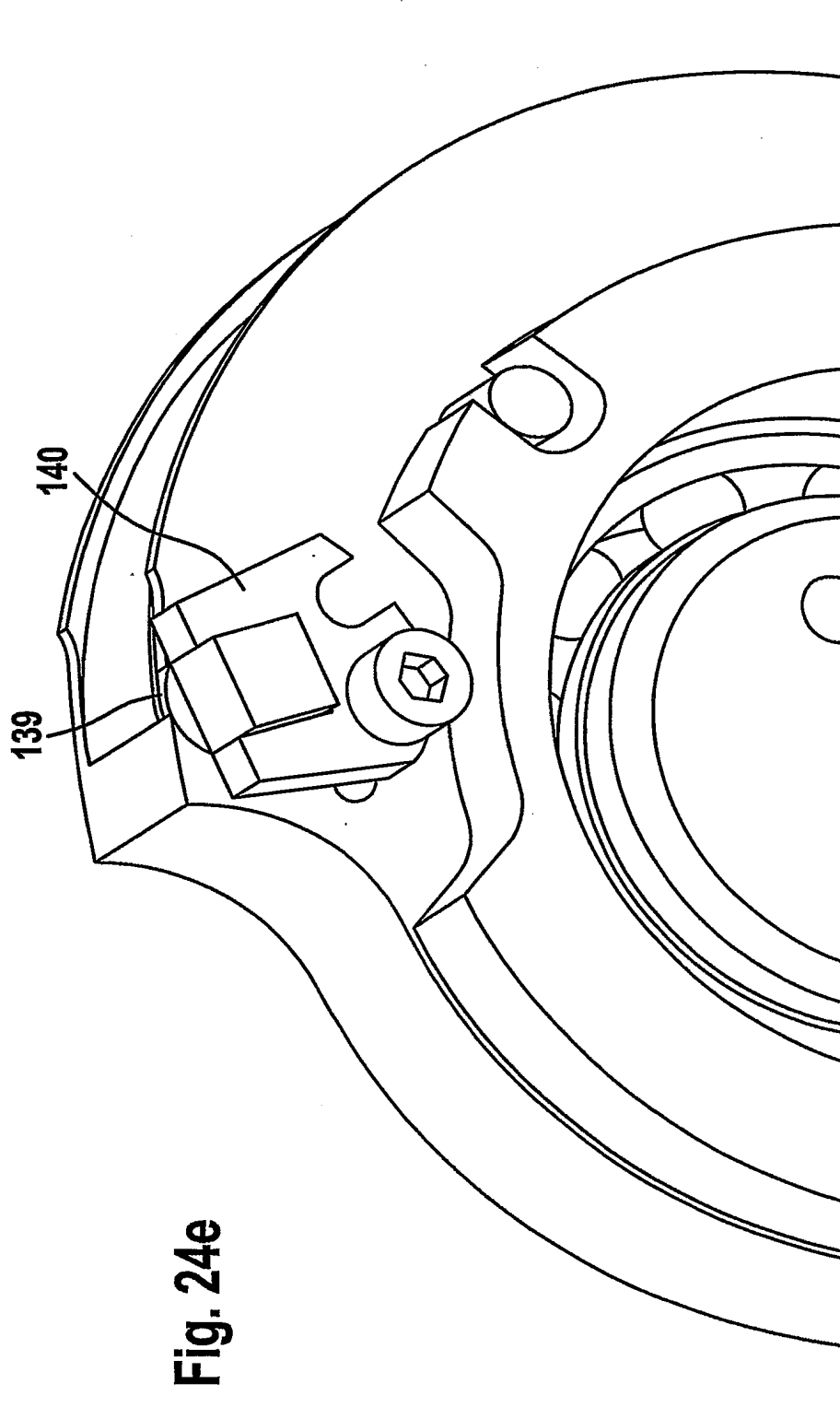


Fig. 24e

35/43

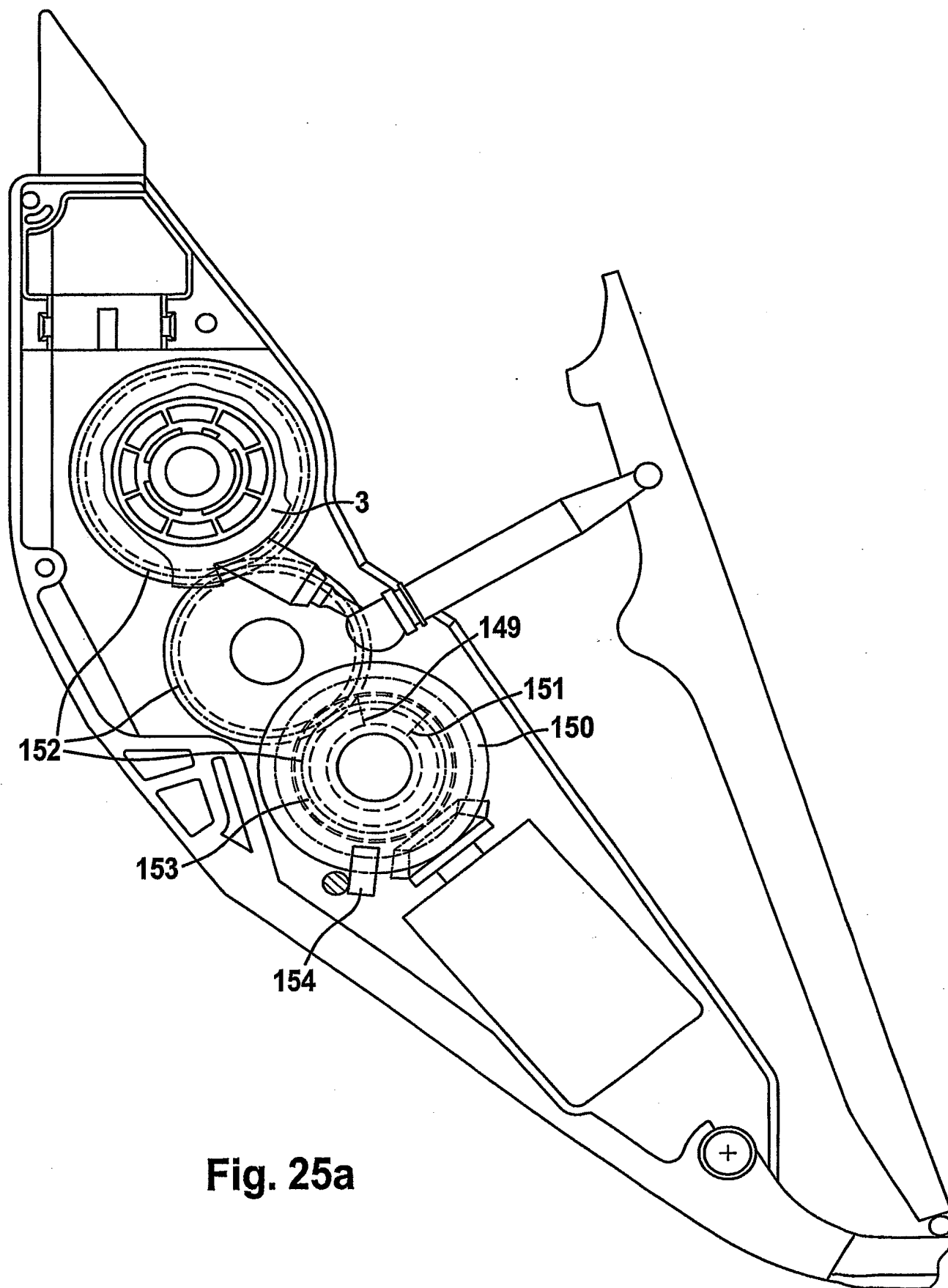


Fig. 25a

36/43

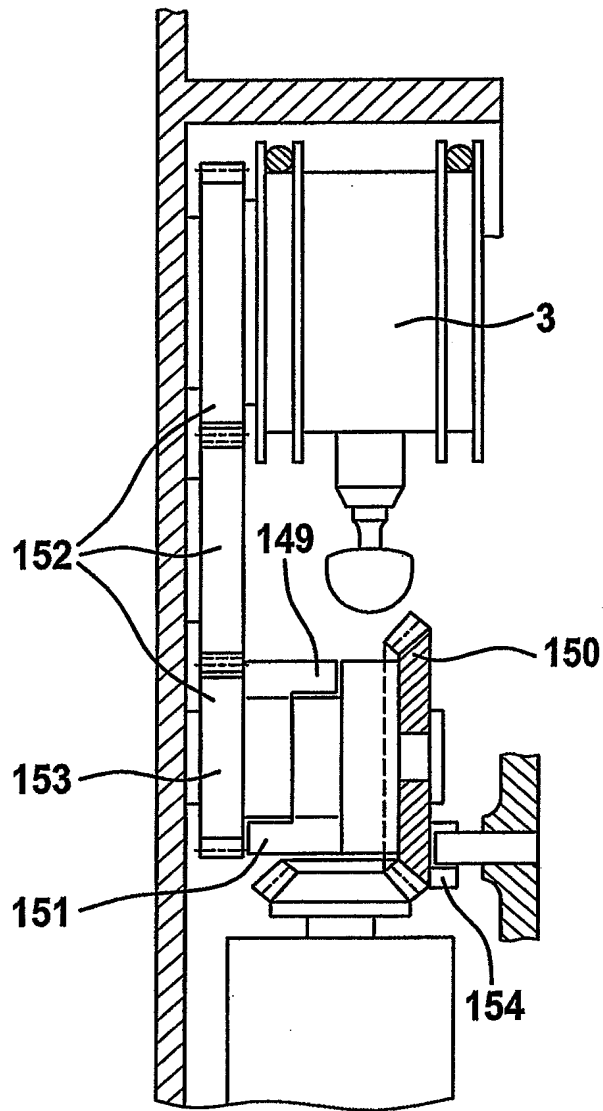


Fig. 25b

37/43

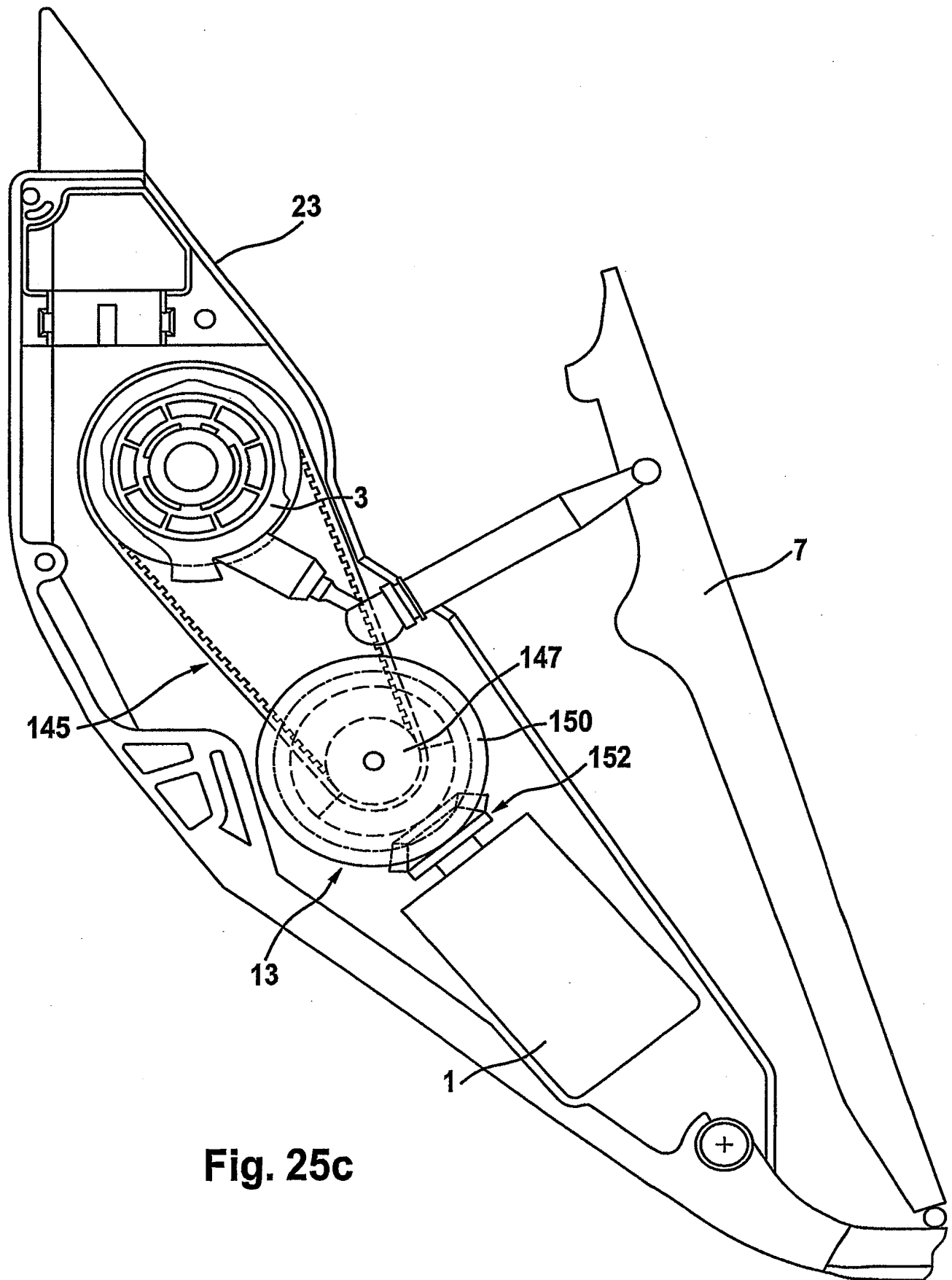


Fig. 25c

ERSATZBLATT (REGEL 26)

38/43

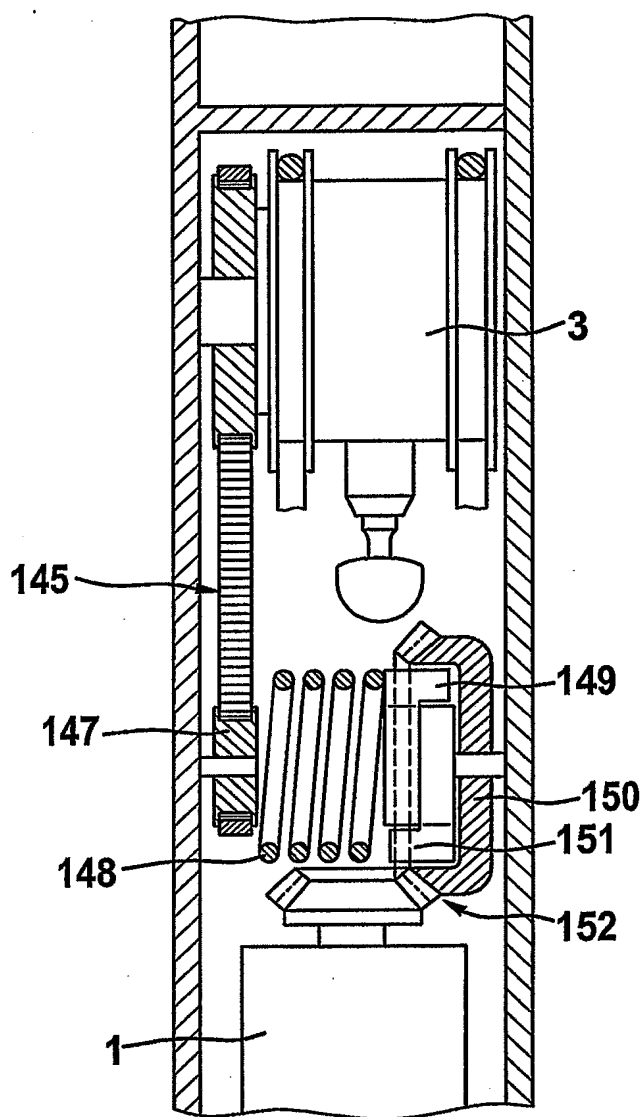


Fig. 25d

39/43

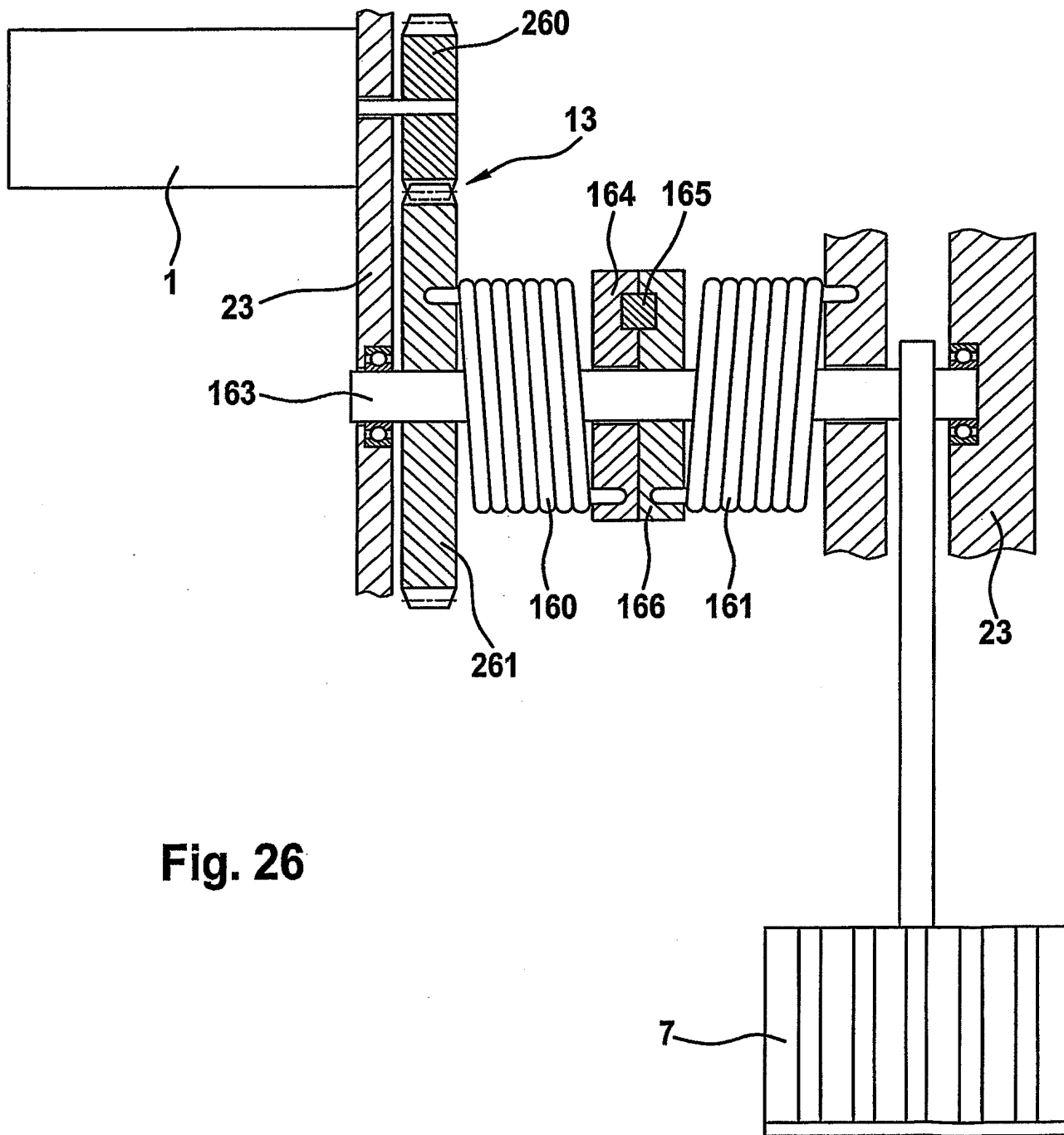


Fig. 26

40/43

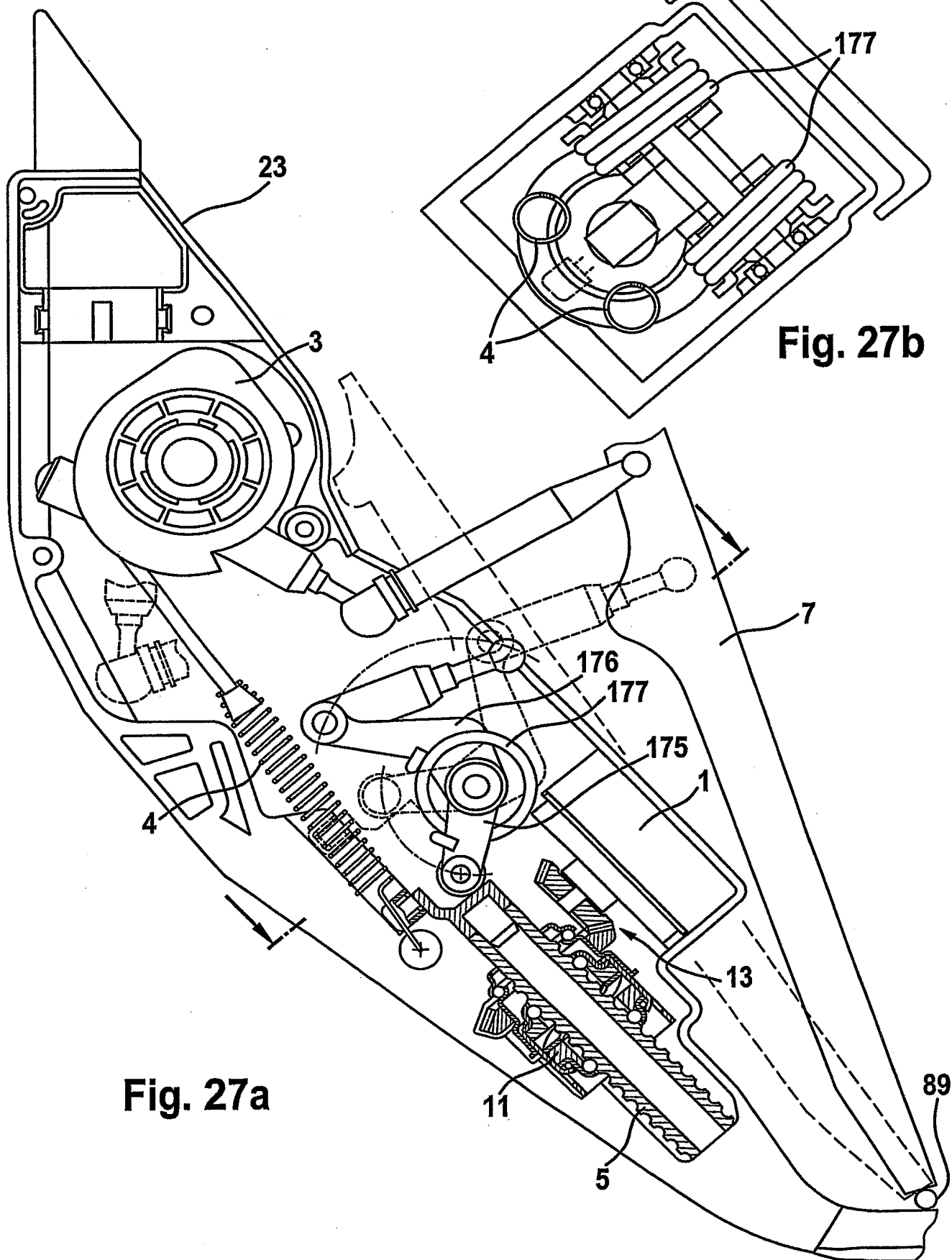


Fig. 27a

Fig. 27b

41/43

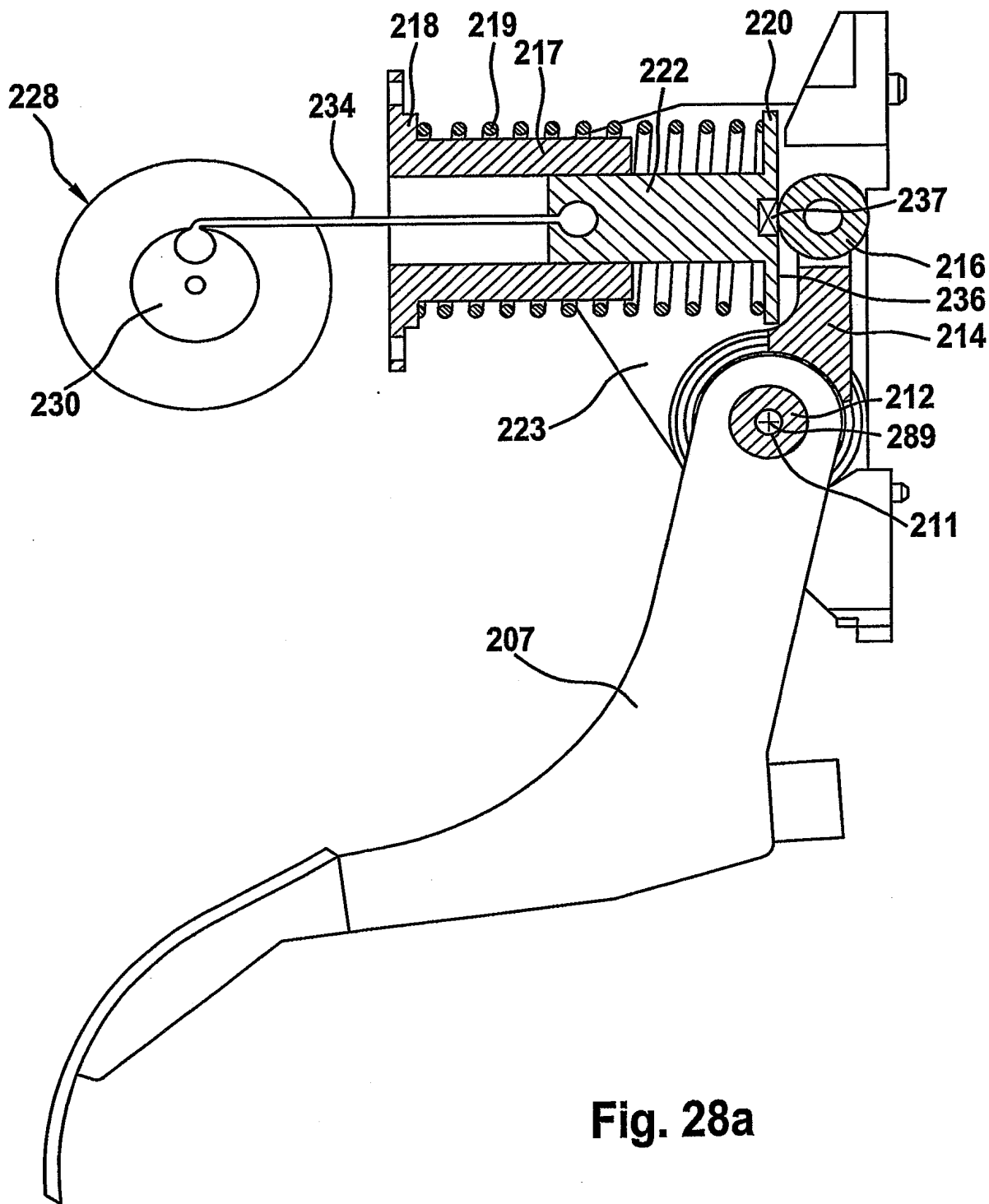


Fig. 28a

42/43

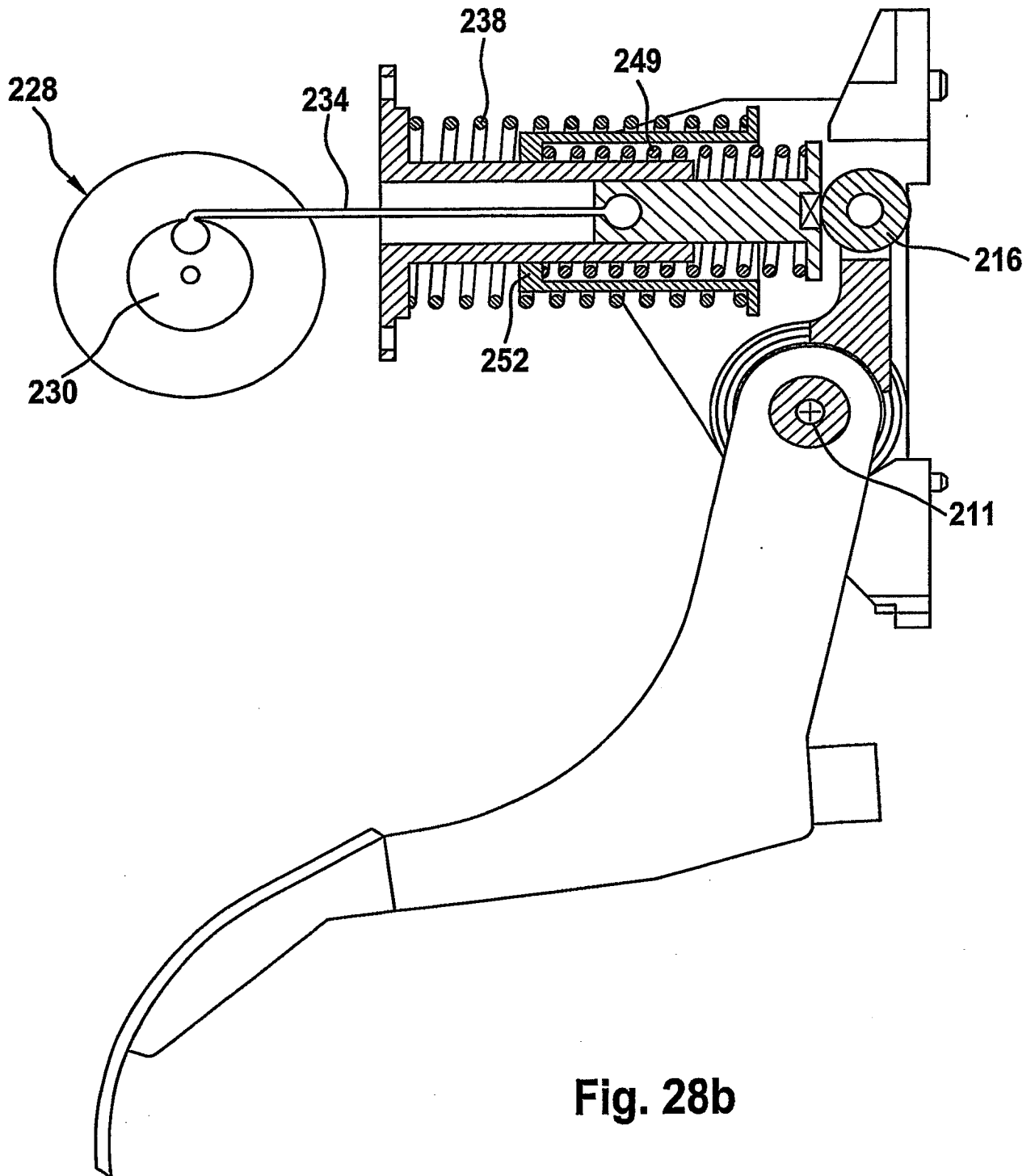


Fig. 28b

43/43

Fig. 29a

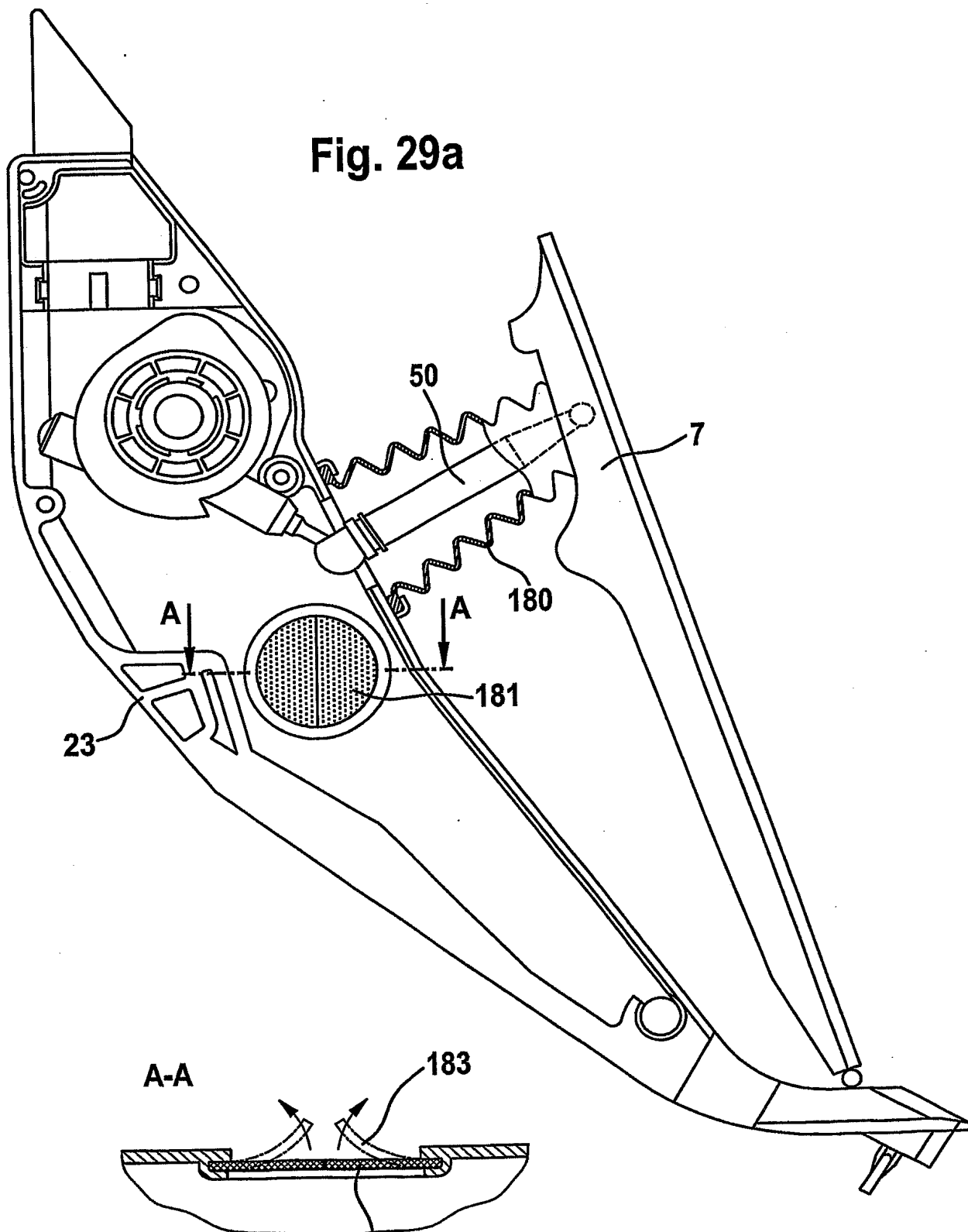
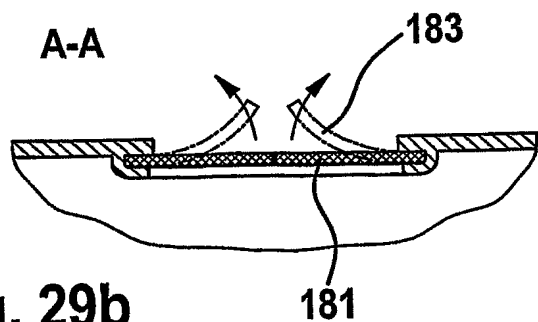


Fig. 29b



ERSATZBLATT (REGEL 26)